

## SPIS TREŚCI

Wstęp – Anna Pasieczna.....	
Charakterystyka obszaru arkusza – Joanna Fajfer, Anna Pasieczna.....	
Budowa geologiczna i złoża kopalin – Katarzyna Strzemińska.....	
Antropopresja – Joanna Fajfer.....	
Zakres i metodyka badań – Anna Pasieczna.....	
Prace terenowe .....	
Prace laboratoryjne .....	
Bazy danych i konstrukcja map geochemicznych.....	
Wyniki badań – Anna Pasieczna.....	
Gleby.....	
Osady.....	
Wody powierzchniowe.....	
Wnioski – Anna Pasieczna.....	
Literatura.....	
Tablice 1–63	

## WSTĘP

Zdjęcie geochemiczne w skali 1:25 000 na arkuszu Chorzów M-34-62-B-b jest kontynuacją szczegółowych prac kartograficznych, zapoczątkowanych w latach 1996–1999 opracowaniem pilotowego arkusza Sławków M-34-63-B-b Szczegółowej mapy geochemicznej Górnego Śląska (Lis, Pasieczna, 1999). Do roku 2016 opracowano 17 arkuszy. Prace sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej po akceptacji Ministerstwa Środowiska.

Obszar arkusza leży w centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), który jest najbardziej uprzemysłowionym i zurbanizowanym rejonem kraju. Jego przeważająca część położona jest na terenie miast Chorzów i Świętochłowice. Część wschodnia arkusza obejmuje dzielnice Siemianowic Śląskich i Katowic, część zachodnia – dzielnice Rudy Śląskiej, a niewielki rejon przy północnej granicy należy do Bytomia.

Głównymi czynnikami wpływającymi na stan środowiska przyrodniczego są: historyczna i współczesna eksploatacja złóż węgla kamiennego, przemysł energetyczny oraz hutnictwo żelaza i cynku. Z działalnością tych gałęzi przemysłu, rozwijanych z największą intensywnością w połowie XIX w., związane jest powstanie anomalii geologiczno-antropogenicznych szeregu pierwiastków w glebach, osadach strumieniowych, rzecznych i w wodach powierzchniowych (Lis, Pasieczna, 1995a, b, 1997).

Zdecydowana większość powierzchni arkusza ma charakter przemysłowy i jest przekształcona antropogenicznie. Mieszczą się tu zakłady przemysłu wydobywczego, energetycznego, hutniczego i chemicznego.

Wyniki badań geochemicznych, zaprezentowane w formie kartograficznej wraz z obszernym komentarzem tekstowym i zestawieniami tabelarycznymi, przedstawiają aktualny stan jakości gleb, osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych, porównanie do naturalnego tła regionalnego oraz obowiązujących normatywów prawnych.

Zgromadzone informacje mogą być przydatne przy opiniowaniu projektów miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, prowadzeniu postępowań związanych z wydawaniem decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych i pozwoleń wodnoprawnych, ocenie zagrożeń dla środowiska gruntowo-wodnego oraz wypełnianiu obowiązku nałożonego na starostów ustawą Prawo ochrony środowiska, tj. prowadzeniu okresowych badań jakości gleby i ziemi w ramach monitoringu państwowego.

Wersja elektroniczna atlasu dostępna jest pod adresem <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl>

W realizacji opracowania brali udział:

- **A. Pasieczna** – koncepcja i projekt badań, nadzór i koordynacja prac;
- **A. Biel, K. Karwacki, T. Kolecki, P. Kwecko, W. Markowski** – pobieranie próbek;
- **T. Kolecki, W. Markowski, A. Pasieczna** – bazy danych;
- **I. Jaroń, D. Lech, A. Maksymowicz, E. Włodarczyk** – kierownictwo i koordynacja prac analitycznych;
- **M. Cichorski, Z. Prasol** – mechaniczne przygotowanie próbek do analiz;
- **M. Bellok, M. Bialecka, M. Gembal, E. Maciołek** – chemiczne przygotowanie próbek do analiz;
- **J. Gąsior, M. Janasz, M. Jaskólska, M. Stasiuk** – oznaczanie zawartości węgla organicznego;
- **M. Bellok, M. Bialecka, M. Gembal, E. Kałwa, E. Maciołek** – oznaczanie pH;
- **E. Górecka, D. Karmasz, J. Retka** – oznaczanie rtęci;
- **W. Bureć-Drewniak, I. Jaroń, J. Kucharzyk, M. Liszewska** – analizy ICP-AES;  
**I.A. Wysocka** – analizy ICP-MS;
- **M. Chada, A. Lewandowska, A. Stawicka, W. Wolski, M. Zdonek** – analizy granulometryczne;
- **A. Pasieczna** – obliczenia statystyczne;
- **T. Kolecki, W. Markowski, A. Pasieczna** – opracowanie map geochemicznych;
- **W. Ogrodowczyk** – opracowanie mapy geologicznej.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ARKUSZA

**Położenie geograficzne i administracyjne.** Arkusz Chorzów M-34-62-B-b obejmuje teren położony w środkowej części Wyżyny Katowickiej w obrębie jednostki niższego rzędu – Płaskowyżu Bytomsko-Katowickiego, przez który przechodzi dział wód Odry i Wisły (Kondracki, 2000).

Analizowany obszar jest zlokalizowany w środkowej części województwa śląskiego. W jego obrębie znajdują się dzielnice miast powiatowych: Chorzowa, Świętochłowic, Rudy Śląskiej, Bytomia, Siemianowic Śląskich i Katowic, które tworzą aglomerację miejsko-przemysłową o największej w Polsce gęstości zaludnienia i koncentracji przemysłu.

**Ukształtowanie powierzchni, geomorfologia.** Powierzchnię obszaru arkusza cechuje urozmaicona rzeźba terenu, lokalnie mocno przeobrażona wskutek działalności przemysłowej. Analizowany rejon leży w granicach wysokości 250,0–338,8 m n.p.m. (odpowiednio w dolinie Bytomki i w rejonie Wzgórz Kochłowniczych).

Zmiany środowiska przyrodniczego spowodowała eksploatacja węgla kamiennego, hutnictwo żelaza i cynku oraz energetyka, które przyczyniły się do powstania zwałów skał płonnych oraz żużli hutniczych i innych odpadów składowanych w bezpośrednim sąsiedztwie kopalń, hut i osiedli. Największe przekształcenia powierzchni obejmują tereny czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego (Polska, Barbara-Chorzów, Nowy Wirek) i hut (ArcelorMittal – dawniej Kościuszko i Batory, Stal-Odlew – dawniej Zygmunt, Pokój, Florian, Silesia i Baildon) oraz zakładów metalowych (Alstom-Konstal), azotowych i chemicznych (Hajduki). W wielu rejonach występują szkody górnicze.

Z uwagi na położenie wododziałowe sieć hydrograficzna obszaru w granicach arkusza jest uboga i silnie przekształcona przez różnorodną działalność przemysłową. Zachodnia część obszaru arkusza, odwadniana przez Potok Bielszowicki (Kochłówkę) i Bytomkę, znajduje się w dorzeczu Odry, zaś część wschodnia i środkowa (teren zlewni Rawy) należy do dorzecza górnej Wisły. Do wód powierzchniowych trafiają zrzuty wód kopalnianych oraz oczyszczone ścieki przemysłowe i komunalne (Cudak, Wantuch, 2009).

Regulowanie i kanalizowanie koryt rzecznych jest przyczyną degradacji ich dolin, których obszary to w wielu miejscach tereny przemysłowe i poprzemysłowe. Obecnie sytuacja ulega poprawie, choć zbyt powolnej. Od 2005 r. realizowany jest projekt „Przyjazna Kłodnica”, którego celem jest polepszenie jakości wody i osadów rzeki i jej dopływów (w tym Bytomki i Potoku Bielszowickiego). Efektem projektu będzie eliminacja zanieczyszczeń ze źródeł niepołączonych z siecią kanalizacyjną, redukcja ładunku zanieczyszczeń w miastach oraz minimalizacja skutków szkód górniczych (Rzeki...).

Charakterystyczną cechą ukształtowania terenu jest występowanie rozległych obszarów bezodpływowych, w których mieszczą się zbiorniki utworzone w zapadliskach i nieckach osiadania. Jednym z nich jest Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy „Żabie Doły”, położony przy północnej granicy arkusza, cechujący się bytowaniem kilkunastu gatunków ptaków chronionych (Michalik red., 2003). Do większych zbiorników powstałych w wyniku osiadania terenu pod wpływem działalności górniczej należy też staw Kalina oraz wiele innych stawów (Marcina, Skalka, Wojskowy). Liczne zbiorniki wodne występują na terenie Wojewódzkiego Parku Kultury i Wypoczynku (WPKiW) w Chorzowie oraz przy granicy

Świętochłowic i Rudy Śląskiej (ciąg zbiorników połączonych potokiem wpadającym do Bytomki).

**Zabudowa i użytkowanie terenu.** Tereny bez zabudowy zajmują 52% powierzchni arkusza. Są na ogół rozproszone, a ich większe zwarte obszary to lasy i Wojewódzki Park Kultury i Wypoczynku (tabl. 2). Inne tereny bez zabudowy to pasy zieleni drogowej, trawniki i parki miejskie, ogródki działkowe, zbiorniki wodne oraz tereny kolejowe. Jako użytki rolne (pola i łąki) wykorzystywane są nieliczne działki (tabl. 3).

Tereny zajęte przez zabudowę mieszkaniową, usługową (usługi i handel) i przemysłową (infrastruktura kopalń węgla kamiennego, bazy transportowe) są rozproszone na całej powierzchni arkusza. Wśród terenów zabudowanych przeważa zabudowa miejska niska (20%). Zabudowa miejska wysoka zajmuje 15%, a obiekty przemysłowe 13% (kopalnie, huty, zakłady metalowe, wysypiska i hałdy).

**Gospodarka.** Od wielu lat najważniejszymi gałęziami przemysłu na terenie objętym arkuszem jest górnictwo węglowe i hutnictwo żelaza, a w przeszłości również hutnictwo cynku. Najbardziej intensywny rozwój regionu datuje się na wiek XIX. Ale już od XVI w. w rejonie Chorzowa Starego wydobywano rudy srebra i ołowiu, a rudy żelaza w kilku miejscach w Rudzie Śląskiej, Świętochłowicach i Chorzowie. W XVIII w. rozpoczęła się eksploatacja węgla kamiennego oraz działalność hut żelaza i cynku (Historia Chorzowa..., Historia miasta...). Wraz z rozwojem sieci kolejowej nastąpiła rozbudowa zakładów hutnictwa żelaza i cynku, rozwój zakładów energetycznych, przemysłu maszynowego, wyrobów metalowych i innych branż.

W przeszłości terenem najbardziej uprzemysłowionym był obszar dzisiejszych Świętochłowic. Pierwsza kopalnia węgla (Król Saul) powstała tu w 1825 r. W latach 1826–1835 założono kopalnie Quintoforo, Matylda i Franciszek, których pola górnicze mieściły się na terenie obecnych Piaśnik, Lipin i Chropaczowa. W okresie 1823–1853 powstały huty cynku Dawid, Constantin i Gabor, a w następnych dziesięcioleciach utworzono kopalnię węgla Śląsk i hutę cynku Guidotto (Zmiana..., ). W dzielnicy Lipiny w 1847 r. powstała huta cynku Konstancja (późniejsza Silesia), a w dzielnicy Zgoda działały kopalnie węgla, huta cynku Klara i huta żelaza Zgoda (Eintracht) oraz cegielnie (Zmiana..., ). W latach 30. XIX w. w południowej części Świętochłowic zostały założone huty żelaza Bethlen-Falwa (później Florian).

Chorzów przekształcił się z wsi w osiedle robotnicze, a wkrótce w wielodzielnicowe miasto wokół wybudowanej w 1802 r. Huty Królewskiej oraz kopalni węgla Król (od 1791 r.). W 1872 r. uruchomiono Bismarckhütte (protoplastę huty Batory). Do 1889 r. na terenie

Huty Królewskiej funkcjonowała też huta cynku Lydognia jako jeden z jej wydziałów (Huta Kościuszko...).

Bytomska huta Zygmunt (dawniej Hubertus) powstała w 1845 r. i na początku swojej działalności była cynkownią, a przez wiele kolejnych lat produkowała urządzenia dla przemysłu hutniczego w całym kraju (Zamet...). Na terenie bytomskich Łagiewnik w latach 1826–1870 działała huta cynku Marien Wunsch, a w Rudzie Śląskiej prowadzono produkcję cynku w hucie Godulla (Degenhardt, 1870; Szczech, 2003).

W obrębie arkusza działały lub dalej działają zakłady branży hutniczej żelaza i stali:

- huta ArcelorMittal w Chorzowie (kiedyś Huta Królewska, później huta Kościuszko) – produkująca aktualnie wyroby walcowane, szyny kolejowe i wyroby dla górnictwa,
- huta Batory w Chorzowie (w upadłości),
- huta Stal-Odlew w Bytomiu (dawniej Huta Zygmunt),
- huta Pokój w Rudzie Śląskiej – producent blach, kształtowników, konstrukcji stalowych,
- huta ArcelorMittal w Świętochłowicach (dawna huta surowcowa Florian) – producent blach stalowych ocynkowanych,
- Zakłady Metalurgiczne Silesia w Świętochłowicach (dawniej huta Silesia).

W południowo-zachodniej części arkusza wydobycie węgla prowadzą kopalnie Halemba-Wirek i Pokój.

Większe obiekty należące do innych gałęzi przemysłu i stwarzające zagrożenie dla środowiska naturalnego to zakłady zlokalizowane w Chorzowie (Michalik red., 2003):

- Alstom-Konstal – producent taboru kolejowego,
- Zakłady Azotowe,
- elektrociepłownia Chorzów,
- elektrownia Chorzów,
- Zakłady Chemiczne Hajduki,
- Novichem – producent kotłów parowych i kwasu mrówkowego.

W Świętochłowicach do znaczących zakładów należą (Chylat red., 2003):

- Prinzbud – wytwórnia mas bitumicznych,
- MetalCo – producent odlewniczych stopów cynku,
- Mostostal-Zabrze,
- fabryka kosmetyków Pollena-Malwa.

## **BUDOWA GEOLOGICZNA I ZŁOŻA KOPALIN**

Obszar arkusza jest położony w północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), w obrębie struktury antyklinalnej – siodła głównego. Dzięki licznym wierceniom i robotom górniczym budowa geologiczna tego rejonu jest bardzo dobrze rozpoznana. Tę część zagłębia tworzą wielkopromienne kopuły waryscyjskie utworów karbonu, pocięte uskokami. Oprócz utworów karbonu, które stanowią trzon budowy geologicznej, występują tu także skały osadowe triasu, neogenu i czwartorzędu (Wyczółkowski, 1957; Buła, Kotas, red., 1994).

Utwory **karbonu** mają miąższość kilku tysięcy metrów. Ich strop występuje na zróżnicowanej głębokości. W środkowej i południowej części analizowanego obszaru zalegają bezpośrednio pod cienkim nadkładem czwartorzędu lub tworzą wychodnie na powierzchni terenu (tabl.1). W innych rejonach występują na większej głębokości pod nadkładem plejstoceńskich glin lodowcowych oraz piasków i żwirów wodnolodowcowych. W północno-wschodniej części terenu arkusza strop karbonu został stwierdzony na głębokości stu kilkudziesięciu metrów pod wapieniami i dolomitami triasu niecki i rowu bytomskiego (Żero, 1968).

Najstarszymi rozpoznanymi utworami karbonu na tym terenie są osady węglonośnej serii paralicznej (namur A). Powyżej występują osady lądowe – górnośląska seria piaskowcowa namuru górnego (namur B i C) oraz seria mułowcowa westfalu dolnego (westfal A i B). Sumaryczna miąższość tych serii na obszarze arkusza sięga 2000 m (Jureczka i in., 2005).

Charakterystyczną cechą serii paralicznej, której miąższość szacuje się tu na ok. 800 m (*op.cit.*) jest cykliczność sedymentacji. Nad pokładami węgla występują zwykle iłowce przechodzące w mułowce, nad którymi leżą osady gruboklastyczne: piaskowce drobno- i średnioziarniste, sporadycznie – gruboziarniste. Piaskowce ponownie przechodzą w mułowce i iłowce, zalegające do spągu kolejnego pokładu węgla. W całej serii występują liczne pokłady węgla oraz osady z fauną morską, brakiczną i słodkowodną. Na obszarze objętym arkuszem seria paraliczna występuje na głębokości ponad 200 m.

Górnośląską serię piaskowcową, miąższości ok. 300 m (warstwy siodłowe i rudzkie), tworzą głównie piaskowce drobno- i średnioziarniste, także piaskowce gruboziarniste oraz zlepieńce (Wilanowski i in., 2009). Przewarstwienia iłowców i mułowców mają zwykle kilka, kilkanaście metrów miąższości. Charakterystyczne jest dość częste występowanie pokładów węgla o miąższości do około 5 m, czasami przekraczającej 10 m. W obrębie warstw siodłowych występuje najgrubszy w GZW pokład węgla 510, obecnie prawie wyeksploatowany. Osady tej serii powszechnie występują na powierzchni obszaru arkusza.

Wychodnie tworzą głównie warstwy rudzkie, a lokalnie (w centralnej części Chorzowa) warstwy siodłowe.

Serię mułowcową, o bardzo monotonnej litologii, tworzą warstwy załęskie, odpowiadające westfalowi A, a w stropowej części także warstwy orzeskie dolnego westfalu B. Dominują mułowce i iłowce, a przewarstwienia drobnoziarnistych piaskowców mają zwykle miąższość kilku, czasami kilkunastu metrów. Dla całej serii charakterystyczna jest wyraźna przewaga osadów aleurytowo-pelitycznych nad gruboklastycznymi oraz znaczna ilość cyklotemów węglowych, w większości których występują pokłady węgla kamiennego (*op.cit.*). Wychodnie warstw orzeskich odsłaniają się wzdłuż południowej granicy obszaru arkusza, w rejonie dzielnicy Osiedle Witosy w Katowicach oraz w dzielnicy Kochłowice w Rudzie Śląskiej (tabl. 1). Miąższość osadów tej serii wynosi ok. 500 m.

Utwory **triasu** dolnego i środkowego leżą niezgodnie na osadach karbonu górnego w północnej części arkusza. Ich miąższość jest zmienna, na ogół w granicach 40–80 m (maksymalnie 126 m na terenie Siemianowic Śląskich). Profil osadów budują od spągu piaski, piaskowce, ily, iłowce i mułowce warstw świerklanieckich, dolomity, margle i wapienie retu, wapienie warstw gogolińskich oraz dolomity kruszconośne. Rozległe, silnie rozczłonkowane wychodnie tworzą głównie wapienie warstw gogolińskich, budujące większość stoków i wierzchołków wzgórz o wysokości ok. 310 m n.p.m., podrzędnie są to także dolomity kruszconośne oraz wapienie, dolomity i margle retu (Strzemińska-Krieger, 2014).

Osady **neogenu** to ily i piaski ślódkowodne miocenu, zalegające w niewielkich płatach w północnej części obszaru arkusza.

Utwory **czwartorzędu** pokrywają około połowy obszaru arkusza warstwą o bardzo zróżnicowanej miąższości. Waha się ona od kilku metrów na wysoczyznach do kilkudziesięciu metrów w obniżeniach i w dolinie kopalnej Kochłowki, przebiegającej prawie równoleżnikowo przez południową część obszaru arkusza. Osady czwartorzędowe to głównie gliny lodowcowe, piaski i żwiry lodowcowe i wodnolodowcowe oraz gliny deluwialne (zalegające lokalnie na utworach triasu i karbonu). Przykrywają bezpośrednio karbon lub trias, a lokalnie neogen.

Holocen jest reprezentowany przez osady rzeczne i bagienne współczesnych dolin rzecznych. Są to piaski drobnoziarniste, ku górze przechodzące w muły bagienne. Osady te (o maks. miąższości 3 m) wypełniają dawne nierówności, starorzecza i łożyska rzek.

Znaczne powierzchnie zajmują utwory antropogeniczne, powstałe w wyniku wieloletniej eksploatacji węgla kamiennego. Skupiska hałd i osadników o znaczących



powierzchniach (sięgających 2 km<sup>2</sup>) zlokalizowane są w Rudzie Śląskiej-Kochłowicach, Starym Chorzowie, Katowicach i Świętochłowicach-Lipinach.

**Złoża kopalin.** Cały obszar arkusza leży w obrębie GZW i jest węglonośny. Wyodrębniono jedenaście udokumentowanych wielopokładowych złóż **węgla kamiennego**: Kleofas, Wujek, Barbara-Chorzów, Śląsk, Centrum-Szombierki, Bobrek-Miechowice, Halemba, Pokój, Polska-Wirek, Rozalia i Barbara-Chorzów<sup>1</sup>, które w całości lub w części leżą na omawianym obszarze (Szuflicki i in., red., 2014). Największe zasoby bilansowe węgla, sięgające 365 mln ton, zostały udokumentowane w złożu Halemba, a w złożach Kleofas, Bobrek-Miechowice, Śląsk, Polska-Wirek i Centrum-Szombierki wynoszą 150–170 mln ton.

Zasoby węgla zostały udokumentowane do głębokości 1000–1050 m, a w złożach Halemba i Śląsk do głębokości 1200–1250 m. Serię złożową stanowią pokłady warstw orzeskich (grupa 300), rudzkich (grupa 400) i siodłowych (grupa 500), a w północnej części obszaru arkusza także warstw porębskich. Na opisywanym obszarze występuje węgiel energetyczny (typ 32–33) i koksowy (typ 34–35). Węgiel koksowy generalnie jest spotykany w dolnych partiach złóż położonych w południowej części arkusza (złoża Śląsk i Halemba). Miąższość pojedynczych bilansowych pokładów węgla waha się od 1 do 10 m, lecz na ogół eksploatuje się tylko pokłady grubsze od 2 m. Parametry jakościowe węgla kamiennego charakteryzuje duże zróżnicowanie. Jego wartość opałowa zmienia się od 16 500 do 34 000 kJ/kg, zawartość popiołu zawiera się w przedziale 1,6–44%, a zawartość siarki wynosi od 0,08 do 1,0% (sporadycznie do 2%). Najlepszymi parametrami charakteryzuje się węgiel warstw siodłowych. Zawiera najmniej popiołu (od kilku do 10%), do 1% siarki, a jego wartość opałowa sięga 34 000 kJ/kg. Pokłady tych warstw wyróżniają się znacznymi grubościami oraz stosunkowo małą ilością przerostów skał płonnych. Węgiel pokładów grupy rudzkiej ma gorsze parametry jakościowe. Węgiel warstw orzeskich charakteryzuje znaczna zawartość siarki i popiołu (od kilkunastu do 40%), spowodowana licznymi przerostami skał płonnych.

W większości rejonów eksploatacyjnych kopalń występują zagrożenia naturalne – metanowe, pyłowe, pożarowe i tąpnięcia, zaliczone do najwyższych stopni i kategorii.

Eksploatacja węgla kamiennego na opisywanym obszarze ma bogatą historię, sięgającą XVIII w. Kopalnia Pokój to jeden z najstarszych zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny na terenie GZW. Pierwsze zatwierdzone nadanie na uruchomienie wydobywania węgla nastąpiło w 1752 r. i dotyczyło kopalni Brandenburg

(później Wawel, będącej obecnie częścią kopalni Pokój). Od 1840 r. eksploatowano węgiel z obszaru kopalni Kleofas (zamkniętej w 2004 r.), a w 1870 r. uruchomiono kopalnię Chorzów.

Aktualnie eksploatowane są głównie pokłady warstw rudzkich i siodłowych w kopalniach Halemba-Wirek, Pokój i Wujek. Eksploatacja jest prowadzona systemem ścianowym, na przeważającym obszarze na zawał; sporadycznie z użyciem podsadzki hydraulicznej (na terenach najbardziej zurbanizowanych). Wydobycie węgla kamiennego jest zróżnicowane – od 0,28 mln ton/rok ze złoża Śląsk do około 1,65 mln ton/rok ze złoża Halemba. Eksploatuje się węgiel energetyczny i koksowy o wysokich parametrach – niewielkiej zawartości siarki (0,37–0,5%) i popiołu (<10%) oraz wysokiej kaloryczności.

Eksploatacja złóż Barbara-Chorzów, Rozalia, Centrum-Szombierki i Bobrek-Miechowice została zakończona w latach 90. XX w.

Złożom węgla kamiennego towarzyszy **metan**, występujący w postaci sorbowanej (związany fizykochemicznie z węglem kamiennym i rozproszoną substancją węglową). Zawartość metanu w węglu rośnie wraz z głębokością zalegania pokładów. Na obszarze arkusza metan jest dokumentowany do głębokości około 1250 m jako kopalina towarzysząca w złożach Barbara-Chorzów i Halemba. Jest on ujmowany w związku z prowadzoną eksploatacją węgla kamiennego i wykorzystywany w ciepłownictwie. Łączne zasoby bilansowe metanu w tych złożach wynoszą ok. 430 mln m<sup>3</sup>.

Historyczne znaczenie mają **złoża rud cynku i ołowiu** w triasowej niecce bytomskiej. Występowały w dolomitach kruszczośnych triasu i należały do największych i najbogatszych złóż rud Zn-Pb w skali świata (Szuwarzyński, 1996; Paulo, Strzelska-Smakowska, 2000). Dawniej eksploatowano tylko płytkie ciała rud utlenionych (galmany), z czasem bogate do coraz uboższych rudy siarczkowe. Rudy nieopłacalne do przerobu pozostawiano w złożu lub składowano na powierzchni, a po rozwoju technologii i poprawie koniunktury podejmowano wtórną eksploatację. W latach 60. XX w. zamykano stopniowo ostatnie kopalnie – Nowy Dwór, Waryński, Marchlewski i Orzeł Biały, a potem działający w latach 1973–1987 nowy rejon wydobywczy w Dąbrówce Wielkiej k. Sosnowca na skutek wyczerpania zasobów rud siarczkowych i rezygnacji z przetwarzania galmanów. Z tego powodu bytomskie złoża rud cynku i ołowiu nie są już wykazywane w krajowym bilansie zasobów (Szuflicki i in., red., 2014). W dolomitach i na kilkunastu zwałowiskach pozostały jednak w dużych stężeniach pewne ilości cynku, ołowiu i towarzyszących im pierwiastków, choć niewystarczających do przemysłowej ekstrakcji.

Analizowany teren jest zasobny w **surowce ilaste ceramiki budowlanej**, które były wydobywane już od XIX w. Udokumentowano tu pięć złóż glin zwietrzelinowych, ilów i

ilołupków górnego karbonu: Brynów, Kochłowice II, Lech-Wirek, Polska i Chebzie-Dobra Nadzieja oraz złoża glin czwartorzędowych Barbara (Szuflicki i in., red., 2014).

Gliny zwiertzelinowe ilołupków karbonu górnego odsłaniają się na powierzchni lub występują pod cienkim nadkładem osadów czwartorzędowych (najczęściej nieprzekraczającym kilku metrów) w zachodniej i południowej części arkusza. Są to złoża pokładowe o prostej budowie geologicznej, czasem z wkładkami węgla i piaskowców w części spągowej. Miąższość kopaliny sięga 20–30 m. Iły i ilołupki charakteryzują się dobrą jakością i były wykorzystywane do produkcji cegły i innych wyrobów ceramiki budowlanej w licznych cegielniach.

Czwartorzędowe gliny ze złoża Barbara, używane do produkcji cegły, były eksploatowane od 1900 r. do lat 60. XX wieku. Eksploatacja czterech złóż została zakończona w latach 90. XX w. Niezagospodarowane pozostaje złożo Kochłowice II.

Wyrobiska powstałe w wyniku eksploatacji ilów, ilołupków i glin ze względu na korzystne parametry izolacyjne są powszechnie wykorzystywane jako składowiska odpadów, po czym najczęściej zostają zrekultywowane. Zasoby pozostałe w złożach są niemożliwe do zagospodarowania i w przeważającej części kwalifikują się do skreślenia z krajowego rejestru zasobów kopalin.

## ANTROPOPRESJA

Stan środowiska przyrodniczego omawianego obszaru uległ przekształceniom spowodowanym w największym stopniu przez górnictwo węgla kamiennego oraz hutnictwo metali, przemysł chemiczny i energetyczny. Działalność przemysłowa spowodowała zmiany krajobrazu i sieci hydrograficznej oraz chemiczne przeobrażenia gleb, osadów i wód.

**Powietrze atmosferyczne.** Największe ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery powstają w trakcie spalania węgla kamiennego, gazu ziemnego i paliw płynnych. Do zanieczyszczeń ze źródeł energetycznych należą: dwutlenek i tlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu, benzo(a)piren oraz pyły. Z zakładów przemysłowych różnych branż pochodzą emisje związków organicznych (m.in. węglowodorów aromatycznych i rozpuszczalników, formaldehydu, fenolu) oraz metali ciężkich.

Według corocznej oceny jakości powietrza przeprowadzanej przez WIOŚ, na obszarze objętym arkuszem przekraczane są normy zawartości pyłu zawieszonego PM 10, dwutlenku węgla oraz benzo(a)pirenu (Raport..., 2013).

Najpoważniejszymi źródłami zanieczyszczeń powietrza są: elektrociepłownia Chorzów, elektrownia Chorzów, huty żelaza i stali ArcelorMittal, Stal-Odlew, Pokój, Florian, Silesia, zakłady przemysłu metalowego (Alstom-Konstal) oraz zakłady branży chemicznej

(Zakłady Azotowe Chorzów, Zakłady Chemiczne Hajduki, Novichem, wytwórnia mas bitumicznych i fabryka kosmetyków Pollena).

W Chorzowie znaczne ilości gazowych zanieczyszczeń powietrza wprowadzają też zakłady: Probet Dasag, Adipol, Elkom i Mag-Met (Michalik red., 2003).

Zanieczyszczenie powietrza powodują okresowo pyłące składowiska odpadów. Do największych należy składowisko odpadów komunalnych zlokalizowane na terenach hałd poprodukcyjnych huty Florian.

Emisja odorów występuje głównie w otoczeniu oczyszczalni ścieków, składowisk odpadów komunalnych i przemysłowych. Do najbardziej uciążliwych należą emisje fenoli ze szlamów zgromadzonych w jeziorze Kalina w Świętochłowicach.

**Wody powierzchniowe i podziemne.** Usytuowanie obszaru arkusza w strefie wododziałowej powoduje niedobór wód powierzchniowych i podziemnych. Na całym terenie wody powierzchniowe są silnie zanieczyszczone przez zrzuty zasolonych wód górnictwa węglowego, ścieków przemysłowych i komunalnych oraz odcieki ze składowisk odpadów. W ostatnich latach realizowany jest projekt budowy przepompowni i likwidacji wylotów ścieków nieoczyszczonych do rzek.

Największym ciekim jest rzeka Rawa, płynąca w kierunku południowo-wschodnim, uregulowana na większości swojego biegu, przykryta betonowymi płytami i prowadząca głównie ścieki z Chorzowa i Świętochłowic, oczyszczane w oczyszczalni Klimzowiec (Mucha, 2010). Naturalne źródła Rawy zanikły z powodu prac górniczych, choć niekiedy za jej początek uważany jest staw Marcina, leżący w Świętochłowicach przy granicy z Rudą Śląską.

Południowo-zachodnią część obszaru arkusza odwadnia Potok Bielszowicki (Kochłówka), płynący uregulowanym korytem, do którego odprowadzane są ścieki z terenów przemysłowych kopalń Halemba-Wirek i Pokój oraz z oczyszczalni Barbara.

Na stan i jakość wód Bytomki wpływają zrzuty ścieków z Bytomia oraz ścieki z oczyszczalni Orzegów w Rudzie Śląskiej. Wkrótce można spodziewać się poprawy jakości wód, ponieważ oczyszczalnia została zmodernizowana, a w Bytomiu prowadzona jest rekultywacja terenów zdegradowanych, na których zlokalizowane są składowiska odpadów przemysłowych i występuje zanieczyszczenie gleb (Rekultywacja...).

W granicach arkusza znajdują się liczne zbiorniki wód pochodzenia antropogenicznego. Utworzyły się w bezodpływowych zagłębieniach, powstałych w wyniku osiadania terenu na skutek działalności górniczej (Chylat red., 2003; Plewniak 2007; Gorol 2011). Do większych zbiorników należą: Żabie Doły, staw Gliniok, staw Marcina, staw

Maroko i stawy Magiera. Niektóre z tych zbiorników gromadzą wody dobrej jakości i są wykorzystywane w celach rekreacyjnych.

Silnie zanieczyszczone są wody jeziora Kalina, w którym zalegają osady toksyczne, zgromadzone w wyniku działalności nieczynnych już pobliskich Zakładów Chemicznych Hajduki, wytwarzających przez około 50 lat farby i lakiery (Wantuch, Cudak, 2009). Odpady poprodukcyjne zakładów były gromadzone na hałdzie, z której odcieki przenikały do jeziora. Obecnie hałda jest przykryta warstwą gleby i zazieleniona.

Zanieczyszczenia oddziałujące na jakość wód powierzchniowych przenikają także do wód podziemnych, które występują w utworach czwartorzędu, triasu i karbonu. Teren arkusza to obszar pozbawiony użytkowego poziomu wodonośnego. Czwartorzędowe piętro wodonośne jest zdegradowane w wyniku drenującej działalności kopalń węgla kamiennego, historycznego górnictwa i hutnictwa rud cynku i ołowiu oraz infiltracji wód opadowych zbierających zanieczyszczenia atmosferyczne i z powierzchni. Piętro triasowe jest odkryte lub częściowo przykryte utworami czwartorzędu i nie ma charakteru użytkowego. Zwierciadło karbońskiego piętra wodonośnego uległo degradacji i obniżeniu na skutek eksploatacji górniczej (Cudak i in., 2009; Wantuch, Cudak, 2009).

**Gleby.** Prawie cały teren w granicach arkusza to obszary górnicze czynnych lub zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego oraz rejony występowania szkód górniczych, na których gleby uległy silnym zmianom antropogenicznym. Do terenów przemysłowych można zaliczyć: zwały odpadów węglowych, zwały górnictwa cynku i ołowiu, zwały energetyczne, zwały hutnictwa żelaza, zwały i osadniki przemysłu metali nieżelaznych, zwały górnicze z eksploatacji wapieni, zwały odpadów chemicznych i osadów ściekowych, składowiska stałych odpadów komunalnych (Jechna red., 2012).

Na tych terenach naturalne składniki gleb są przemieszane z materiałami obcymi, często wielokrotnie przekopane i przesuszone. Z uwagi na lokalizację licznych obiektów przemysłowych i intensywną urbanizację, gleby użytkowane rolniczo występują na bardzo niewielkich powierzchniach, głównie w ogródkach działkowych.

Zanieczyszczenie gleb wiąże się też z historyczną eksploatacją i hutnictwem rud cynku i ołowiu, hutnictwem żelaza oraz oddziaływaniem odpadów pogórnicznych (hałd skał płonnych, osadników szlamów, mułów węglowych, wód dołowych), odpadów przemysłu hutniczego (żużli i mułków zgorzelinowych), energetycznego i chemicznego oraz emisjami pyłów z zakładów przemysłowych i środków komunikacji. Niekiedy do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń przenikających do gleb przyczynia się wykorzystywanie odpadów górniczych w rekultywacji terenów przemysłowych, budownictwie drogowym i wodnym. Wyniki

monitoringu gleb wykazały, że są w nich wielokrotnie przekroczone normy zawartości metali ciężkich (Sordoń-Kulibaba, 2010).

**Składowiska odpadów.** W pobliżu historycznych i współczesnych hut metali na terenie Rudy Śląskiej, Świętochłowic i Chorzowa zlokalizowano wiele składowisk odpadów pohutniczych i pogórnich.

W zachodniej części Świętochłowic, na terenie wyrobiska hałdy hutniczej huty Florian, czynne jest składowisko odpadów komunalnych. Od zachodu przylegają do niego tereny przemysłowe huty Pokój, po stronie wschodniej bocznica kolejowa, a dalej ogrody działkowe. Na północ od składowiska mieszczą się hałdy i tereny przemysłowe historycznych hut cynku Constantin i Gabor. Nieczynne składowisko odpadów komunalnych zlokalizowane jest przy ul. Żelaznej w Świętochłowicach. Mieści się w wyrobisku po eksploatacji gliny, na którym składowano odpady pohutnicze, a po ich usunięciu rozpoczęto składowanie odpadów komunalnych. Odpady zostały zdeponowane bez wykonania odpowiednich zabezpieczeń, w mogą więc stanowić zagrożenie dla wód podziemnych (*op.cit.*). W Świętochłowicach istnieją również małe, częściowo zniwelowane hałdy zawierające odpady historycznych hut Klara i Franciszek (Brodziński i in., 2004). Kolejną hałdą w północnej części miasta jest tzw. hałda Ajska, gromadząca odpady powęglowe kopalni Śląsk-Matylda oraz odpady poprodukcyjne zakładów Silesia. Powierzchnia hałdy (32,8 ha) została częściowo zagospodarowana jako teren rekreacyjny – powstał tu tor motocrossowy.

Zwały odpadów z wytopu żelaza zlokalizowane są w pobliżu hut. Odpady to przede wszystkim żużel hutniczy, a w mniejszej ilości masy formierskie, gruz ogniotrwały, szlamy i osady poneutralizacyjne. Odpady pohutnicze są wykorzystywane jako kruszywo drogowe (*op.cit.*).

Największe hałdy odpadów wydobywczych mieszczą się w pobliżu zamkniętych i czynnych kopalń węgla kamiennego.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania wykonane w latach 2013–2016 obejmowały studium materiałów publikowanych i archiwalnych, wyznaczenie miejsc pobierania próbek gleb na mapach topograficznych w skali 1:10 000, pobranie próbek i pomiary współrzędnych w miejscach ich lokalizacji, analizy chemiczne próbek, utworzenie baz danych terenowych i laboratoryjnych, opracowanie wektorowego podkładu topograficznego, obliczenia statystyczne, opracowanie mapy geologicznej i map geochemicznych oraz interpretację wyników. Kolejność prac ilustruje załączony schemat (fig. 1).

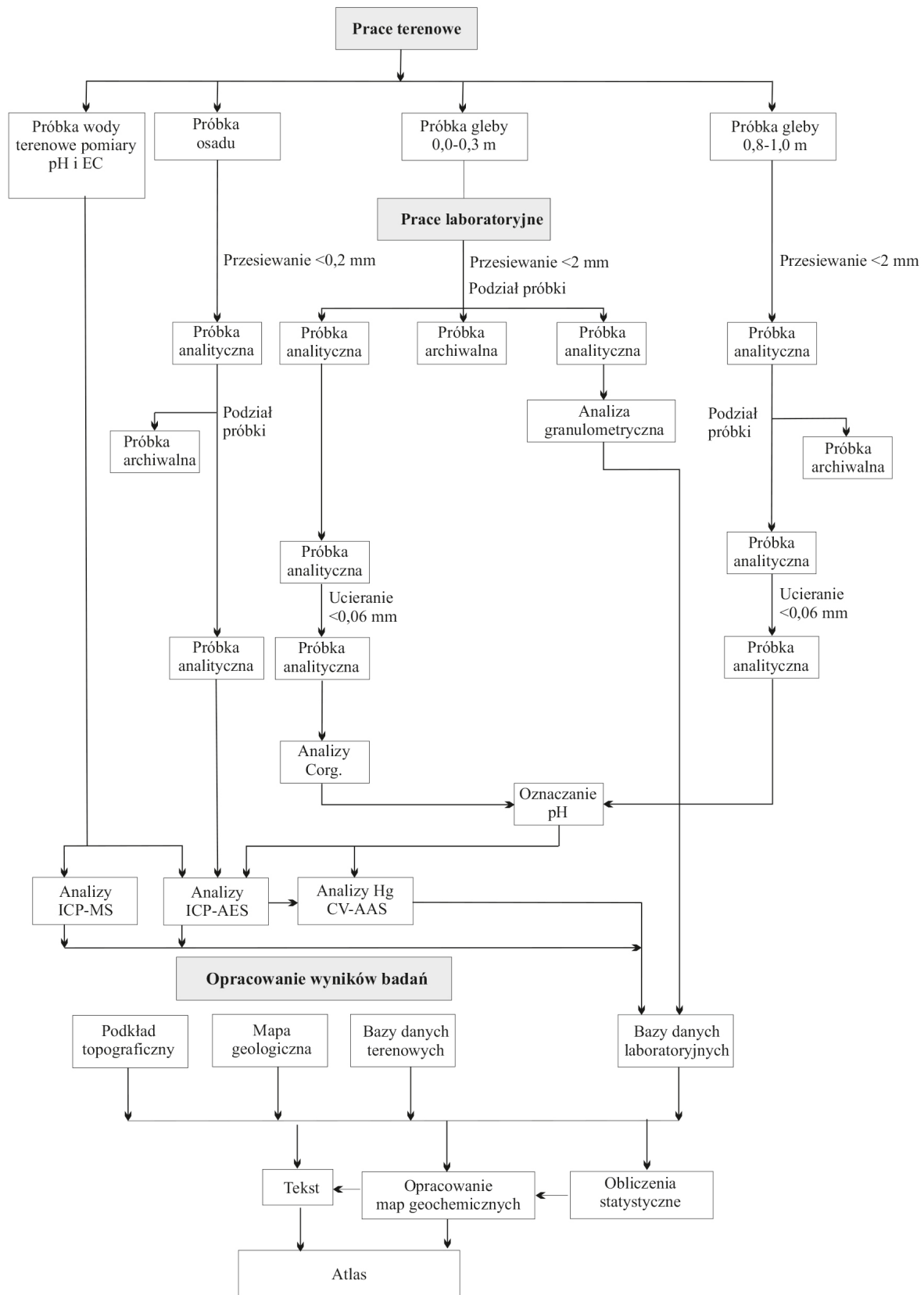


Fig. 1. Schemat opracowania

## PRACE TERENOWE

Próbki gleb pobierano w regularnej siatce 250x250 m (16 próbek/km<sup>2</sup>). Łącznie pobrano próbki gleb z 1441 miejsc. W każdym miejscu pobierano gleby z głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m (lub z mniejszej głębokości w przypadku płytszego zalegania skał macierzystych). Próbki gleb (o masie ok. 500 g), pobierane za pomocą ręcznej sondy o średnicy 60 mm, umieszczano w woreczkach płóciennych opatrzonych odpowiednimi numerami i wstępnie suszono na drewnianych paletach w magazynie terenowym.

Próbki osadów i wód powierzchniowych pobierano z rzek, strumieni, rowów melioracyjnych, kanałów, jezior, sadzawek i stawów. Odległość między miejscami pobierania próbek na ciekach wynosiła ok. 250 m. Próbki osadów o masie ok. 500 g (i możliwie najdrobniejszej frakcji) pobierano z brzegów zbiorników za pomocą czepaka i umieszczano w pojemnikach plastikowych, o pojemności 500 ml, opisanych odpowiednimi numerami.

Próbki wód powierzchniowych pobierano z tych samych miejsc, z których pobrano próbki osadów. Przewodność elektrolityczną właściwą wód (EC) i ich odczyn (pH) mierzono w terenie. Do pomiarów EC stosowano konduktometr z automatyczną kompensacją temperaturową, przyjmując temperaturę referencyjną 25°C. Próbki wód były filtrowane w terenie przez filtry Milipore 0,45 µm, a po napełnieniu butelek o objętości 30 ml, zakwaszane kwasem azotowym. Butelki opisywano odpowiednimi numerami.

Miejsca pobrania wszystkich próbek zaznaczano na mapach topograficznych w skali 1:10 000 i opisywano odpowiednimi numerami.

Położenie miejsc pobierania próbek określono techniką GPS, stosując urządzenie umożliwiające obok pomiarów współrzędnych rejestrację dodatkowych informacji (wartości pH i EC wód, danych o zabudowie i użytkowaniu terenu oraz o charakterze litologicznym próbek). Pomiar współrzędnych rejestrowano z dokładnością  $\pm 2$ –10 m. Przed wyjazdem w teren do pamięci urządzenia GPS wprowadzono sieć współrzędnych miejsc pobierania próbek. Kolejne miejsca pobierania próbek były wyszukiwane w terenie metodą nawigacji satelitarnej. Dla większego bezpieczeństwa wszystkie dane terenowe były notowane również na specjalnie przygotowanych kartach (fig. 2).



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz.....

Data.....  
Opróbował.....

Nr próbki					Głębokość	Gleba		Współrzędne	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	głębokość	<input type="text" value="0,0-0,3 m"/>		X	<input type="text"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	głębokość	<input type="text"/>		Y	<input type="text"/>

Powiat.....Gmina.....Miejscowość.....

Zabudowa		Użytkowanie		Próbka		Gatunek gleby	
				1	2		
1	<input type="checkbox"/> brak	1	<input type="checkbox"/> pole uprawne	1	<input type="checkbox"/>	piaszczysta, piasek	
2	<input type="checkbox"/> wiejska	2	<input type="checkbox"/> las	2	<input type="checkbox"/>	piaszczysto-gliniasta	
3	<input type="checkbox"/> miejska niska	3	<input type="checkbox"/> łąka	3	<input type="checkbox"/>	gliniasto-piaszczysta	
4	<input type="checkbox"/> miejska wysoka	4	<input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4	<input type="checkbox"/>	gliniasta	
5	<input type="checkbox"/> przemysłowa	5	<input type="checkbox"/> trawnik	5	<input type="checkbox"/>	gлина	
		6	<input type="checkbox"/> park	6	<input type="checkbox"/>	mulek	
		7	<input type="checkbox"/> ogród	7	<input type="checkbox"/>	torfiasta, torf	
				8	<input type="checkbox"/>	antropogeniczna, nasypowa	

Uwagi:.....  
.....  
.....

A

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY  
Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1:25 000  
Arkusz.....

Data.....  
Opróbował.....

Nr próbki					pH	Współrzędne	
Osad	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pH	<input type="text"/>	
Woda	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EC	<input type="text"/>	

Powiat.....Gmina.....Miejscowość.....Nazwa zbiornika.....

Zabudowa		Użytkowanie		Zbiornik		Osad	
1	<input type="checkbox"/> brak	1	<input type="checkbox"/> pole uprawne	1	<input type="checkbox"/> rzeka	1	<input type="checkbox"/> piasek
2	<input type="checkbox"/> wiejska	2	<input type="checkbox"/> las	2	<input type="checkbox"/> strumień	2	<input type="checkbox"/> szlam organiczny
3	<input type="checkbox"/> miejska niska	3	<input type="checkbox"/> łąka	3	<input type="checkbox"/> kanał	3	<input type="checkbox"/> muł
4	<input type="checkbox"/> miejska wysoka	4	<input type="checkbox"/> nieużytek, ugór	4	<input type="checkbox"/> rów	4	<input type="checkbox"/> ił
5	<input type="checkbox"/> przemysłowa	5	<input type="checkbox"/> trawnik	5	<input type="checkbox"/> jezioro		
		6	<input type="checkbox"/> park	6	<input type="checkbox"/> sadzawka		
		7	<input type="checkbox"/> ogród	7	<input type="checkbox"/> staw rybny		
				8	<input type="checkbox"/> osadnik		

Uwagi:.....  
.....  
.....

B

Fig. 2. Karty opróbowania gleb (A) oraz osadów i wód powierzchniowych (B)

## PRACE LABORATORYJNE

**Przygotowanie próbek.** Próbkę gleb po przewiezieniu do laboratorium były suszone w temperaturze pokojowej i przesiewane przez sita nylonowe o oczkach 2 mm. Każdą próbkę gleby z głębokości 0,0–0,3 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na trzy podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą do analizy granulometrycznej i trzecią archiwalną. Każdą próbkę gleby z zakresu głębokości 0,8–1,0 m, po przesianiu i kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej, drugą archiwalną (fig. 1). Próbkę gleb przeznaczoną do analiz chemicznych ucierano do frakcji <0,06 mm w agatowych młynach kulowych.

Próbki osadów suszono w temperaturze pokojowej, a następnie przesiewano przez sita nylonowe o oczkach 0,2 mm. Frakcję <0,2 mm, po kwartowaniu, dzielono na dwie podpróbki: jedną przeznaczoną do analizy chemicznej i drugą archiwalną (fig. 1).

Próbki archiwalne zmagazynowano w Państwowym Instytucie Geologicznym-Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

**Analizy chemiczne.** Roztworzenie próbek gleb i osadów przeprowadzono w wodzie królewskiej (1 g próbki do końcowej objętości 50 ml) przez 1 godz. w temp. 95°C w termostatowanym bloku aluminiowym.

Oznaczenia zawartości Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach i osadach wykonano za pomocą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-AES). Analizy Hg w próbkach gleb i osadów przeprowadzono metodą spektrometrii absorpcji atomowej z techniką zimnych par (CV-AAS) z systemem przepływowym FIAS-100. Odczyn gleb oznaczono metodą potencjometryczną w zawiesinie H<sub>2</sub>O, a zawartość węgla organicznego w glebach – metodą kulometryczną (granica oznaczalności 0,16%) oraz metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją termoprzewodnościową TCD i metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją spektrometryczną w zakresie podczerwieni IR (granica oznaczalności 0,01–0,02%).

Oznaczenia zawartości B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, SiO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, Sr, Ti i Zn w wodach powierzchniowych przeprowadzono metodą ICP-AES, a zawartości Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cu, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, U i V – metodą ICP-MS.

Zestawienie metod analitycznych i granic oznaczalności pierwiastków przedstawiono w tabeli 1.

Kontrolę jakości wykonywanych oznaczeń prowadzono poprzez analizę próbek podwójnych (5% ogólnej liczby próbek), analizę materiałów odniesienia z atestowaną zawartością badanych pierwiastków (2% ogólnej liczby próbek) oraz analizę wewnętrznych

próbek kontrolnych potwierdzających prawidłowe wykonywanie pomiarów instrumentalnych (5% ogólnej liczby próbek). Czystość odczynników i naczyń kontrolowano za pomocą „ślepych próbek odczynnikowych” i „ślepych próbek proceduralnych”.

Niepewność rozszerzona wyników (przy założonym poziomie prawdopodobieństwa 95% i współczynniku rozszerzenia  $k = 2$ ) dla próbek wód, gleb i osadów nie przekracza 25%.

Analizy granulometryczne gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m wykonano w Centrum Badań Laboratoryjnych Gruntów i Skał PIG-PIB w Warszawie, łącząc analizę sitową z metodą laserowego pomiaru wielkości cząstek. Badania składu ziarnowego przeprowadzono metodami odbiegającymi od klasycznych (stosowanych według odpowiednich norm w gleboznawstwie). Ich wyniki nie mogą zatem służyć do podziału gleb według kryteriów gleboznawczych. Są natomiast bardzo pomocne przy interpretacji wyników badań geochemicznych.

Próbki przesiewano przez zestaw sit o oczkach 2 mm, 1 mm i 0,5 mm. Próbki niektórych gleb gliniastych rozdrabniano w młynku porcelanowym przed przesiewaniem. Ważono uzyskane frakcje: 2–1 mm, 1,0–0,5 mm i <0,5 mm. Pomiar wielkości ziaren we frakcji <0,5 mm przeprowadzono za pomocą laserowego miernika wielkości cząstek.

Wyniki analiz granulometrycznych (po przeliczeniu na udziały procentowe) przedstawiono na mapach z uwzględnieniem wybranych klas ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszczysta, 0,1–0,02 mm frakcja pylasta, <0,02 mm frakcja ilasta (tabl. 4–6).

## **BAZY DANYCH I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH**

**Podkład topograficzny.** Jako podkładu map geochemicznych w skali 1:25 000 użyto najbardziej aktualnej mapy topograficznej w skali 1:50 000 w układzie współrzędnych 1992, arkusz Zabrze M-34-62-B (zapis wektorowy VMap L2). Mapa topograficzna zawiera następujące wektorowe warstwy informacyjne:

- rzeźba terenu,
- hydrografia (z podziałem na rzeki, strumienie, rowy i zbiorniki wód stojących),
- sieć komunikacji drogowej (z podziałem według klas),
- sieć kolejowa,
- zabudowa terenu (z podziałem na zabudowę wiejską, miejską oraz przemysłową),
- lasy,
- tereny przemysłowe (obiekty przemysłowe, wyrobiska kopalniane, hałdy i osadniki).

**Mapa geologiczna.** Do ilustracji budowy geologicznej badanego obszaru wykorzystano Szczegółową mapę geologiczną Polski 1:50 000 arkusz Zabrze M-34-62-B

(Wyczółkowski, 1957). Poprzez cyfrowanie poszczególnych elementów mapy geologicznej utworzono ich obrazy wektorowe, które następnie połączono z podkładem topograficznym w formie mapy geologicznej w skali 1:25 000 (tabl. 1).

**Bazy danych.** Utworzono oddzielne bazy danych:

- gleb z głębokości 0,0–0,3 m,
- gleb z głębokości 0,8–1,0 m,
- osadów,
- wód powierzchniowych.

Bazy danych gleb zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, gatunek gleby, lokalizacja miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

Bazy danych osadów śródlądowych zbiorników wodnych i wód powierzchniowych zawierają: numery próbek, wyniki pomiarów współrzędnych w miejscach pobierania próbek, zapis obserwacji terenowych (rodzaj zabudowy, użytkowanie terenu, rodzaj zbiornika wodnego, gatunek osadu, lokalizację administracyjną miejsca pobierania próbek – powiat, gmina, miejscowość), datę i nazwisko osoby pobierającej próbki oraz wyniki analiz chemicznych.

**Obliczenia statystyczne.** Wyniki zgromadzone w bazach danych służyły do wydzielenia podzbiorów do obliczeń statystycznych według różnych kryteriów środowiska, na przykład zawartości pierwiastków w glebach terenów przemysłowych, glebach leśnych, glebach miejskich oraz w osadach i wodach poszczególnych cieków i zbiorników, jak również do tworzenia map geochemicznych. Obliczenia parametrów statystycznych wykonano zarówno dla całych zbiorów, jak i podzbiorów gleb, osadów i wód powierzchniowych. W przypadku zawartości pierwiastków poniżej granicy oznaczalności metody, do obliczeń statystycznych przyjmowano zawartość równą połowie limitu detekcji tej metody analitycznej. Wyliczano średnią arytmetyczną, średnią geometryczną, medianę oraz wartość minimalną i maksymalną. Dane te dla poszczególnych pierwiastków i wskaźników zestawiono w tabelach 2–5 i zamieszczono na mapach geochemicznych.

Przy interpretacji wyników jako miarę przeciętnych zawartości poszczególnych pierwiastków najczęściej stosowano obliczone wartości median. Mediana jest parametrem statystycznym lepiej charakteryzującym przeciętną zawartość w porównaniu ze średnią arytmetyczną, gdyż jest mniej obciążona wpływem wartości ekstremalnych. Inne parametry

statystyczne (wariancja, odchylenie standardowe) nie nadają się do charakterystyki populacji o bliżej nieokreślonym rozkładzie.

**Opracowanie map.** Dla arkusza Chorzów opracowano następujące mapy (tabl. 2–63):

- zabudowa terenu,
- użytkowanie terenu,
- zawartość węgla organicznego oraz frakcji piaszczystej, pylastej i ilastej w glebach z głębokości 0,0–0,3 m,
- pH w glebach z głębokości 0,0–0,3 i 0,8–1,0 m,
- zawartość Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V i Zn w glebach z głębokości 0,0–0,3 m i 0,8–1,0 m oraz w osadach,
- pH i EC oraz zawartość Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, SO<sub>4</sub>, Sb, Se, SiO<sub>2</sub>, Sr, Ti, Tl, U, V i Zn w wodach powierzchniowych,
- klasyfikacja gleb z głębokości 0,0–0,3 m, wskazująca właściwy sposób ich użytkowania (z wydzieleniem grup użytkowania gleb na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2002).

Zabudowę i użytkowanie terenu oraz klasyfikację gleb z zakresu głębokości 0,0–0,3 m, wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, przedstawiono w postaci map punktowych (tabl. 2, 3 i 63).

Do przedstawienia rozkładu klas ziarnowych (tabl. 4–6) oraz zawartości pierwiastków w glebach wybrano izoliniową (obszarową) metodę opracowania map ze względu na jej przejrzystość i czytelność. Izoliniowe mapy geochemiczne utworzono z użyciem programu Surfer, stosując metodę *Inverse Distance to a Power*. Klasy zawartości pierwiastków dobierano stosując postępowanie geometryczne.

Odczyn gleb (tabl. 7 i 8) przedstawiono według skali przyjętej w gleboznawstwie (z podziałem na gleby kwaśne, obojętne i zasadowe).

Mapy geochemiczne gleb opracowano dla zbioru wyników analiz chemicznych arkusza Chorzów i arkuszy sąsiednich w skali 1:25 000, aby uniknąć niezgodności na granicy arkuszy. Z utworzonych map monopierwiastkowych wycinano obszar w granicach arkusza Chorzów i łączono z podkładem topograficznym.

Mapy geochemiczne osadów zbiorników wodnych i wód powierzchniowych opracowano oddzielnie dla arkusza Chorzów. Utworzono je w formie kartodiagramów kołowych, przypisując im odpowiednie średnice do poszczególnych klas zawartości, ułożonych najczęściej w postępie geometrycznym.

Sporządzając mapę klasyfikacji gleb powierzchniowych (tabl. 63), wskazującą właściwy sposób ich użytkowania, wyniki badań geochemicznych odniesiono do wartości stężeń dopuszczalnych metali określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska. Zgodnie z zaleceniem, „glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji przekracza wartość dopuszczalną” (Rozporządzenie..., 2002).

Na podstawie zawartości każdego z badanych metali (wymienionych w Rozporządzeniu..., 2002) każda z badanych próbek gleb została zaklasyfikowana do grupy A, B lub C. W przypadku jednakowych granic wartości dopuszczalnych dla grupy A i B (wyznaczonych w Rozporządzeniu..., 2002 dla arsenu, baru i kobaltu) przyjęto zasadę zaliczenia gleb do grupy A, korzystniejszej dla użytkownika i pozwalającej na wielofunkcyjne wykorzystywanie terenu.

Do celów publikacji połączono mapy geochemiczne parami, tj. na jednej tablicy umieszczano mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,0–0,3 m i mapę geochemiczną osadów, a na sąsiedniej – mapę geochemiczną gleb z głębokości 0,8–1,0 m i mapę geochemiczną wód powierzchniowych. Ten sposób prezentacji pozwala na bezpośrednie porównanie obrazów geochemicznych różnych środowisk. Kierując się wygodą użytkownika, wydrukowano mapy (opatrzone skalą liniową) w formacie nieco pomniejszonym (A3). Zabieg ten nie spowodował pominięcia żadnego szczegółu treści map.

## **WYNIKI BADAŃ**

### **GLEBY**

Skałami macierzystymi gleb w granicach arkusza Chorzów są zróżnicowane litologicznie utwory karbonu, triasu i czwartorzędu (tabl. 1), z których utworzyły się różne typy i rodzaje gleb. Na wapieniach i dolomitach triasowych powstały rędziny, a z czwartorzędowych glin lodowcowych rozwinęły się gleby brunatne i płowe. Z piaskowców karbońskich i piaszczystych osadów wodnolodowcowych czwartorzędu powstały gleby biellicowe i pseudobiellicowe. Duże powierzchnie pokrywają gleby antropogeniczne o znacznej miąższości (Michalik red., 2003; Sordoń-Kulibaba, 2010). Występują one na zrekułtywowanych obszarach przemysłowych lub na terenach poeksploatacyjnych pozostawionych naturalnej sukcesji roślinnej. Często gleby te powstają na skale macierzystej o zupełnie innych właściwościach niż ta, na której rozwijała się pierwotna pokrywa glebowa. Przykładem mogą być gleby tworzące się na miejscach biedaszybów. Gleby te powstają na materiale wydobytym z głębszych części profilu. Gleby antropogeniczne pokrywają

powierzchnie sztucznych skarp, zrekultywowanych hałd oraz niektórych ogródków działkowych, a także koryta rzeczne przekształconych cieków (Duriasz, Cupiał, 2009).

Działalność gospodarcza przyczyniła się do znacznych zmian profili gleb oraz ich właściwości fizykochemicznych. Procesy degradacji występują przede wszystkim na terenach obiektów przemysłowych, w miejscach składowania odpadów, w rejonach zabudowanych, w pobliżu tras komunikacyjnych oraz w obszarach eksploatacji kopalni.

**Skład granulometryczny.** Procentowy udział w glebie cząstek o określonych wielkościach nazywa się jej składem mechanicznym, uziarnieniem, granulacją, składem granulometrycznym lub rozkładem granulometrycznym (Mocek i in., 2000; Ryżak i in., 2004, 2009). W warunkach naturalnych skład granulometryczny gleby ulega bardzo małym zmianom (z wyjątkiem gleb zasolonych, w których może nastąpić peptyzacja koloidów glebowych) i jest jedną z ważniejszych cech wpływających na jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne.

W opracowaniu przyjęto podział cząstek na grupy granulometryczne według normy branżowej BN-78/9180-11, obowiązującej do 2008 r., ponieważ jest to kontynuacja opracowania seryjnego, wykonywanego zgodnie z instrukcją do mapy geochemicznej w skali 1:25 000 od szeregu lat. Wyniki analiz granulometrycznych przedstawiono dla grup ziarnowych: 1,0–0,1 mm frakcja piaszczysta, 0,1–0,02 mm frakcja pylasta, <0,02 mm frakcja ilasta (tabl. 4–6). Zmiana przedziałów grup granulometrycznych zgodnie z aktualnymi wytycznymi Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego PTG (Klasyfikacja..., 2008) uniemożliwiłaby porównanie składu granulometrycznego z danymi z arkuszy opracowanych wcześniej.

Skład granulometryczny gleby w znacznym stopniu determinuje jej odporność na degradację oraz ma istotny wpływ na zawartość pierwiastków chemicznych. Gleby z dużym udziałem frakcji ilastej i pylastej charakteryzują się zazwyczaj podwyższoną zawartością pierwiastków oraz ich mniejszą mobilnością w warunkach hipergenicznych. W porównaniu z glebami piaszczystymi są bardziej odporne na odprowadzanie składników pokarmowych roślin i mogą zatrzymywać więcej składników toksycznych (w tym metali ciężkich) bez szkody dla środowiska.

W warstwie powierzchniowej gleb w obszarze arkusza pierwotny skład uziarnienia uległ znacznemu zatarciu w wyniku prowadzonych prac ziemnych i budowlanych (szczególnie na terenach przemysłowych i zabudowanych miast). Duży udział gleb antropogenicznych znajduje odzwierciedlenie na mapach w mozaikowym rozkładzie zawartości poszczególnych frakcji granulometrycznych (tabl. 4–6).

Przewaga glin lodowcowych jako skał macierzystych skutkuje największą obecnością gleb obfitujących we frakcję pylastą (0,1–0,02 mm). Na znacznym obszarze arkusza wierzchnia warstwa gleb zawiera >40% tej frakcji. Gleby te zawierają jednocześnie 10–15% frakcji ilastej (<0,02 mm), której zawartość w niektórych rejonach (szczególnie na wschodzie arkusza) przekracza 20%.

Gleby utworzone na piaskowcach karbońskich, plejstocenijskich osadach lodowcowych i wodnolodowcowych oraz na utworach rzecznych zawierają >40% frakcji piaszczystej (1,0–0,1 mm).

**Odczyn.** Zarówno w warstwie powierzchniowej (0,0–0,3 m), jak i w zakresie głębokości 0,8–1,0 m przeważają gleby o odczynie zasadowym. W tej grupie udział gleb o pH >8 w warstwie powierzchniowej wynosi 36%, a w warstwie głębszej aż 46%. Największy zwarty obszar gleb silnie zasadowych (pH >8) obejmuje środkową część arkusza (teren najbardziej uprzemysłowiony) oraz rejony hut metali w jego części zachodniej.

Jedną z przyczyn alkalizacji wierzchniej warstwy gleb jest rozpraszanie przez wiele lat pyłów ze spalania węgla, w których zawartość CaO może dochodzić do 32,6% (Ratajczak i in., 1999). Inne czynniki alkalizujące to środki stosowane do odśnieżania ulic, okresowe pylenie hałd odpadów górniczych, hutniczych i paleniskowych oraz rozpraszanie triasowych wapieni i dolomitów eksploatowanych na potrzeby lokalne w niewielkich odkrywkach. Większy udział gleb alkalicznych na głębokości 0,8–1,0 m można wiązać z większą ilością materiałów alkalizujących (odpadów budowlanych i przemysłowych) oraz lokalną bliskością skał węglanowych w głębszych partiach profili glebowych.

W warstwie powierzchniowej oraz na głębokości 0,8–1,0 m gleby o odczynie kwaśnym (pH <6,3) zajmują bardzo małe powierzchnie. Ich niewielkie płyty stwierdzono w lasach przy południowej granicy obszaru arkusza i w jego wschodniej części (na terenie i w otoczeniu WPKiW w Chorzowie).

**Geochemia.** Przemiany antropogeniczne doprowadziły do tak znacznych zmian składu chemicznego gleb w stosunku do skał macierzystych, że w ich warstwie powierzchniowej podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są bardzo słabo czytelne. Przestrzenne rozmieszczenie analizowanych pierwiastków pozwala przede wszystkim na stwierdzenie wyraźnych zanieczyszczeń pochodzących z różnorodnej działalności przemysłowej.

W wierzchniej warstwie gleb rozkład pierwiastków (glinu, baru, wapnia, kobaltu, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, tytanu i wanadu), których głównym źródłem są skały macierzyste, został zniekształcony przez czynniki antropogeniczne. Porównanie



wartości median wskazuje, że ich zawartości znacznie przekraczają wartości tła geochemicznego regionu śląsko-krakowskiego (tab. 2). Około dwukrotne wzbogacenie w porównaniu do tła regionalnego występuje w przypadku manganu i kobaltu, trzykrotne dla wapnia, magnezu, wanadu i niklu, czterokrotne dla baru, strontu i tytanu. Największa jest kumulacja pierwiastków emitowanych do środowiska z hut metali. Zawartości ołowiu i miedzi są pięciokrotnie większe w porównaniu z tłem geochemicznym regionu, a zawartości cynku większe siedmiokrotnie.

W południowej części arkusza, gdzie przeważają wychodnie karbońskich piaskowców i mułowców oraz czwartorzędowych utworów piaszczystych, w obydwu zakresach głębokości gleby zawierają najczęściej 0,40–0,80% glinu. W części północnej, gdzie występują głównie gliny lodowcowe oraz wychodnie węglanowych osadów triasu, zawartość glinu mieści się w zakresie 0,80–1,60%. Większa zawartość glinu wiąże się z występowaniem w drobnoziarnistych skałach macierzystych gleb obfitości składników zawierających glin (skaleni, łuszczaków i minerałów ilastych).

Zarówno gleby warstwy powierzchniowej, jak i głębszej są bogate w bar (120–480 mg/kg). Naturalnym źródłem tego pierwiastka są wychodnie ilastych skał karbonu i triasu. Wyraźnie większe powierzchnie gleb warstwy powierzchniowej obfitych w bar pozwalają na stwierdzenie, że jego kumulacja wiąże się też z rozpraszaniem pyłów z zakładów przemysłowych (hut i elektrociepłowni) i drenażem hałd odpadów pogórnich. O przewadze źródeł antropogenicznych baru świadczy dwukrotnie większa wartość mediany jego zawartości w glebach warstwy powierzchniowej.

Zawartość węgla organicznego zmienia się w warstwie gleb 0,0–0,3 m w przedziale 0,2–55,2%. Najmniej zasobne w węgiel organiczny (<3%) są gleby rozwinięte na piaszczystych utworach czwartorzędowych w dolinie Potoku Bielszowickiego oraz na terenie WPKiW w Chorzowie. W glebach utworzonych z czwartorzędowych glin i skał węglanowych triasu zawartość tego składnika najczęściej mieści się w zakresie 3–6%. Mediana zawartości węgla organicznego w glebach lasów wynosi 4,9%, a w glebach pól uprawnych 2,8% (tab. 2). Zawartością >6% tego składnika odznacza się pas gleb zajętych przez zabudowę miejską i przemysłową w zachodniej części obszaru arkusza. Na terenach przemysłowych kopalń węgla kamiennego zawartość węgla organicznego przekracza 12%, a niekiedy 24%.

Charakterystyczną asocjacje, związaną z występowaniem w podłożu gleb utworów węglanowych, tworzą wapń, magnez, mangan i stront. Gleby wzbogacone naturalnie w te pierwiastki (>2% wapnia, >0,50% magnezu, >800 mg/kg manganu i >80 mg/kg strontu)

występują w północnych dzielnicach Chorzowa i na terenie bytomskich Łągiewnik. Duża zawartość wapnia i magnezu działa korzystnie na właściwości gleb, powodując wzrost odczynu i sprzyjając wiązaniu metali ciężkich. W rejonie hut Pokój i Florian zawartość wymienionych pierwiastków jest podobna, ale ich źródła należy dopatrywać się raczej w rozpraszaniu pyłów z procesów technologicznych tych zakładów oraz gromadzeniu surowców i odpadów poprodukcyjnych. Maksymalne zawartości manganu i strontu zanotowano w glebach w najbliższym otoczeniu hut żelaza.

Zawartość fosforu jest prawie dwukrotnie większa w warstwie gleb z głębokości 0,0–0,3 m w porównaniu z warstwą głębszą (wartości median wynoszą odpowiednio 0,045% i 0,023%). W warstwie wierzchniej najwięcej fosforu zawierają gleby ogródków działkowych i trawników miejskich, co można wyjaśniać stosowaniem nawozów fosforowych.

W większości gleb z obydwu analizowanych warstw zawartość siarki nie przekracza 0,080%. Obecność >0,160% siarki stwierdzono w pobliżu zakładów przemysłowych lub składowisk ich odpadów (hałda Kopyto, huta Silesia, rejon między hutami Florian i Pokój, kopalnia Nowy Wirek). Prawdopodobnym źródłem jest piryt towarzyszący skałom węglonośnym i paliwu stosowanemu w hutach.

W rejonach eksploatacji kopalni, wokół historycznych i współczesnych hut metali oraz w otoczeniu hałd i wysypisk występują liczne anomalie antropogeniczne srebra, arsenu, kadmu, chromu, miedzi, żelaza, rtęci, niklu, ołowiu i cynku.

Anomalie srebra (>1 mg/kg), arsenu (>40 mg/kg) i kadmu (>8 mg/kg) o podobnym zasięgu w warstwie powierzchniowej gleb oraz na głębokości 0,8–1,0 m zanotowano w północno-zachodniej części obszaru arkusza oraz w dolinie Rawy i w rejonie osiedla Witosa w Katowicach. Ekstremalne zawartości tych pierwiastków występują tylko lokalnie. Do miejsc najbardziej zanieczyszczonych tymi pierwiastkami należą przede wszystkim północne dzielnice Świętochłowic, wschodnie dzielnice Rudy Śląskiej oraz pogranicze Bytomia i Chorzowa. Skażenie gleb metalami wiąże się przede wszystkim z działalnością historycznych hut cynku i pozostawieniem niezabezpieczonych hałd ich odpadów. W różnych latach w granicach tych miast wytwarzano cynk w hutach: Marien Wunsch, Guidotto, Godulla, Konstancja, Constantin, Gabor, Klara i Dawid. Ponadto cynkownie działały na terenie byłej huty Zygmunt (w jej początkach) oraz jako jeden z wydziałów Huty Królewskiej (Lydognia) w Chorzowie (Degenhardt, 1870; Szczech, 2003; Huta Kościuszko...; Zmiana...). Silnie zanieczyszczone arsenem, kadmem, ołowiem i cynkiem są gleby w rejonie hałdy Kopyto, na terenie po byłej hucie cynku Guidotto, w pobliżu hut Silesia i Florian w Świętochłowicach oraz w okolicy rezerwatu Żabie Doły na pograniczu Bytomia i Chorzowa. W północno-

wschodniej części analizowanego obszaru część metali skumulowanych w glebach może pochodzić z wietrzenia odsłaniających się tu dolomitów kruszonośnych, które były eksploatowane w przeszłości.

Teren największej anomalii srebra ( $>2$  mg/kg) w warstwie powierzchniowej gleb obejmuje rejon Huta Silesia–Godula–Chropaczów. Maksymalną zawartość tego metalu (97 mg/kg) zanotowano w rejonie ulicy Lipińskiej w dzielnicy Godula w Rudzie Śląskiej, gdzie prawdopodobnie mieściła się huta cynku Godulla (Degenhardt, 1870). W rejonie hałd na południe od huty Silesia zanotowano 55 mg/kg srebra, a w rejonie hałdy Kopyto 34 mg/kg. W innych rejonach arkusza (Żabie Doły, otoczenie huty ArcelorMittal, osiedle Witosa w Katowicach) wyraziste anomalie srebra ujawnione na głębokości 0,8–1,0 m to przypuszczalnie skutek działalności hutniczej i składowania odpadów pohutniczych.

Anomalie arsenu ( $>80$  mg/kg) i kadmu ( $>16$  mg/kg) w glebach występują na terenach o anomalnej zawartości srebra, ale też w innych lokalizacjach (w dolinie Bytomki, w sąsiedztwie huty Florian oraz na terenie zakładów metalowych w Michałkowicach). Silnie zanieczyszczone przez arsen są gleby warstwy powierzchniowej w rejonie hałdy Kopyto (5288 mg/kg) i hałd huty Silesia (3266 mg/kg). W rejonie hałdy Kopyto warstwie głębszej wykryto 5300 mg/kg arsenu.

Największe skażenie gleb powoduje kumulacja w nich ołowiu i cynku. Obszary silnych anomalii tych pierwiastków pokrywają się z anomaliami srebra, arsenu i kadmu, ale obejmują też dodatkowo rejony historycznych i współczesnych hut żelaza (ArcelorMittal, Florian, Pokój, Batory, Zygmunt, Baildon). Powszechne jest zanieczyszczenie gleb warstwy powierzchniowej arkusza, zawierających odpowiednio  $>100$  mg/kg ołowiu (81,61% próbek) oraz  $>500$  mg/kg cynku (66,28% próbek), a także znacznej części gleb z warstwy głębszej (tab. 6).

Zwarty obszar anomalii ołowiu ( $>250$  mg/kg) i cynku ( $>1000$  mg/kg) w glebach z obydwu zakresów głębokości obejmuje rejon huty Zygmunt w Bytomiu, północno-zachodnie dzielnice Świętochłowic (Chropaczów, Lipiny, otoczenie huty Florian) i wschodnie dzielnice Rudy Śląskiej (Godula, Chebdzie, tereny przemysłowe huty Pokój i kopalni Pokój). Na obszarze anomalii najbardziej zanieczyszczone gleby w rejonie hałdy Kopyto zawierają do 16 110 mg/kg ołowiu i do 36 930 mg/kg cynku. Teren wokół hałd huty Silesia pokrywają gleby, w których zawartość ołowiu dochodzi do 15 810 mg/kg, a cynku do 13 930 mg/kg, zaś w otoczeniu hałdy na osiedlu Nowowiejska w Świętochłowicach zanotowano 12 450 mg/kg ołowiu i 33 760 mg/kg cynku.

Przy północnej granicy obszaru arkusza gleby warstwy powierzchniowej są silnie zanieczyszczone ołowiem (do 54 940 mg/kg) i cynkiem (do 30 010 mg/kg) w otoczeniu zbiorników Żabie Doły, w których w przeszłości gromadzono odpady po flotacji rud cynku i ołowiu (Cempiel i in., 2014).

W Chorzowie maksymalne zawartości ołowiu i cynku występują w glebach terenów przemysłowych Zakładów Azotowych, hut ArcelorMittal i Batory.

Na terenie Katowic anomalie metali mają niewielki zasięg. Występują w dolinie Rawy, co można wiązać z zanieczyszczeniem gleb aluwialnych podczas wysokich stanów wód oraz wokół obiektów przemysłowych na osiedlu Witosa.

Z działalnością hut żelaza należy wiązać skażenie gleb przez chrom, miedź, żelazo i nikiel oraz wzbogacenie w mangan, tytan i wanad, pochodzące z rud i specjalnych dodatków do stali. Rozpraszanie wapnia i strontu jest zależne od ich zawartości w topnikach. Anomalie tych metali wykryto w glebach wokół historycznych oraz działających dotąd hut: Zygmunt, Silesia, Pokój, Florian, Batory, ArcelorMittal i Baildon. Gleby zawierające >40 mg/kg chromu, >2% żelaza, >40 mg/kg niklu, >80 mg/kg miedzi i >40 mg/kg wanadu zajmują znacznie większe powierzchnie w warstwie powierzchniowej gleb w porównaniu z warstwą głębszą, co wskazuje na ich pochodzenie antropogeniczne.

Najbardziej zanieczyszczone chromem (1317 mg/kg), miedzią (13 230 mg/kg), rtęcią (0,50 mg/kg) i niklem (306 mg/kg) są gleby warstwy powierzchniowej na terenie i w otoczeniu huty Florian. W pobliżu huty Silesia (w świętochłowickich Lipinach) gleby zawierają >160 mg/kg chromu, >40 mg/kg niklu i >4% żelaza. Z kolei w rejonie huty ArcelorMittal zanotowano >80 mg/kg miedzi, >4% żelaza i >40 mg/kg wanadu. Maksymalna zawartość niklu w warstwie powierzchniowej gleby (433 mg/kg) oraz 587 mg/kg w warstwie głębszej została stwierdzona na terenie obiektów byłej huty Baildon. Gleby te są również zanieczyszczone przez chrom (180–420 mg/kg), miedź (140–210 mg/kg) i żelazo (4–9%).

Zanieczyszczenie rtęcią (>0,20 mg/kg) dotyczy obydwu analizowanych zakresów głębokości, ale w górnej warstwie gleb anomalie zajmują większe powierzchnie. W warstwie powierzchniowej najsilniejsza anomalia rtęci (z maksimum 23,44 mg/kg) występuje na terenie huty Pokój. W otoczeniu jeziora Kalina i na terenie ogródków działkowych w sąsiedztwie hałdy kopalni Nowy Wirek jej zawartość przekracza 0,80 mg/kg. W warstwie z głębokości 0,8–1,0 m maksymalna zawartość rtęci (23,04 mg/kg) została wykryta w rejonie ulicy Imieli w Świętochłowicach.

Z uwagi na łatwość kumulacji i szkodliwe oddziaływanie nadmiaru kadmu, ołowiu i cynku dla roślin i mikroorganizmów bytujących w glebach, oszacowano wielkość

powierzchni arkusza zanieczyszczonych w różnym stopniu tymi metalami (tab. 6). Najwyraźniej zaznacza się zanieczyszczenie ołowiem i cynkiem. W warstwie powierzchniowej 66,28% gleb zawiera >500 mg/kg cynku, 61,83% gleb >4 mg/kg kadmu i 81,61% gleb >100 mg/kg ołowiu. Na głębokości 0,8–1,0 zmniejsza się udział gleb zanieczyszczonych tymi metalami.

Dla gleb z głębokości 0,0–0,3 m przeprowadzono ocenę stopnia zanieczyszczenia metalami, klasyfikując je do grup użytkowania A, B i C na podstawie zawartości dopuszczalnych (Rozporządzenie..., 2002). Przy klasyfikacji sumarycznej stosowano zasadę zaliczania gleb do danej grupy, gdy zawartość co najmniej jednego pierwiastka przekraczała wartość dopuszczalną. Ze względu na zawartość metali do grupy A (czystość spełniająca wymogi obszarów chronionych i użytków specjalnych) zaliczono 1,53% spośród badanych gleb. Do grupy B (gleb przydatnych do upraw rolnych i leśnych) zaklasyfikowano 10,06% analizowanych próbek, a do grupy C (przydatnych tylko dla terenów przemysłowych i komunikacyjnych) aż 88,41% (tab. 7). Warunki wielofunkcyjnego użytkowania spełniają gleby zaliczone do grup A i B. Najbardziej zanieczyszczone gleby, zaklasyfikowane do grupy C, występują w zachodniej i centralnej części arkusza, na terenach przemysłowych (tabl. 63). Omawiana klasyfikacja gleb wskazuje, jak powinien być użytkowany dany teren zgodnie z wytycznymi Ministra Środowiska (Rozporządzenie..., 2002). W wielu przypadkach aktualne użytkowanie działek terenu jest niewłaściwe i wymaga monitorowania, a także rekultywacji. Stężenia metali w glebach niektórych lasów i ogrodów są tak duże, że tereny te powinny być użytkowane tylko jako obszary przemysłowe.

## OSADY

W granicach obszaru arkusza badano osady Bytomki, Potoku Bielszowickiego (Kochłówki) i Rawy wraz z ich dopływami oraz z licznych zbiorników wód stojących, powstałych w wyniku podziemnej eksploatacji górniczej. Właściwości chemiczne wody i osadów tych zbiorników są specyficzne, a ich liczba tak duża, że obszar, na którym występują, z powodzeniem można określić terminem „*pojezierze antropogeniczne*” (Rzętała, 2008; Schultze, Boehrer, 2008; Jachimko, Kasprzak, 2011; Rzętała, Jaguś, 2012). Osady śródlądowych zbiorników wodnych powstają w wyniku sedymentacji zawieszin mineralnych i organicznych pochodzących z erozji oraz wytrącania składników z wód. Ich skład chemiczny zależy od litologii, a także sposobu zagospodarowania i użytkowania obszaru zlewni (Hoth i in., 2005; Blodau, 2006; Hrdinka, 2007; Zgłobicki, 2008; Hinwood i in., 2012; Cánovas i in., 2015).

Na terenach uprzemysłowionych, zurbanizowanych i rolniczych do osadów przenikają potencjalnie szkodliwe pierwiastki śladowe i związki organiczne zawarte w odciekach ze zwałowisk odpadów, w ściekach przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych oraz w spływach obszarowych (Ciszewski, 1997, 2002, 2005; Matschullat i in., 1997; Miller 1997; Swennen, Van der Sluys, 2002; Bojakowska i in., 2006; Harnischmacher, 2007; Kozieł, Zglobicki 2010; Lagauzère i in., 2011; Govil i in., 2012; Cempiel i in., 2014).

Koncentracja w osadach metali (cynku, miedzi, chromu, kadmu, ołowiu i rtęci) i związków organicznych wpływa niekorzystnie na jakość wód powierzchniowych. Zanieczyszczenia skumulowane w osadach mogą gromadzić się w łańcuchu troficznym do zawartości, które są toksyczne dla organizmów wodnych i stwarzają ryzyko dla ludzi i zwierząt spożywających ryby lub mięczaki żerujące w miejscach ich zalegania. Szkodliwe składniki osadów mogą ulegać ponownemu uruchomieniu do wody w następstwie procesów biologicznych, chemicznych i fizycznych (Friese, 2002; Harnischmacher, 2007). Zanieczyszczone osady przemieszczone na tarasy zalewowe powodują także wzrost stężenia metali ciężkich w glebach dolin rzecznych (Ibragimow i in., 2010).

**Bytomka i jej zlewnia.** Górny odcinek Bytomki, noszący nazwę Bytomska Woda, bierze początek w okolicy stacji kolejowej Bytom-Karb i jest zasilany głównie wodami dołowymi z kopalń (Cempiel i in., 2014). Rzeka płynie wśród terenów miejskich, a miejscami głęboką doliną, wśród której położone są zbiorniki wodne i podmokłe łąki (Działoszyńska-Wawrzekiewicz, 2007). W górnej części zlewni Bytomki (poza północną granicą arkusza) położona jest uprzemysłowiona i zurbanizowana część Bytomia. Są tu zlokalizowane szyby i osadniki zamkniętych kopalń węgla Szombierki i Rozbark, działającej kopalni Bobrek oraz stacja kolejowa Bytom. Część zanieczyszczeń osadów Bytomki może pochodzić z tych źródeł. Wcześniejsze badania wykazały znaczne skażenie przez chrom, kadm, cynk, ołów i miedź (Nocoń, 2009; Cempiel i in., 2014).

Przeciętna zawartość pierwiastków pochodzenia litogenicznego – glinu, baru, wapnia, kobaltu, magnezu, niklu, siarki, strontu, tytanu i wanadu w aluviach zlewni jest około dwukrotnie większa niż ich tło geochemiczne w osadach regionu śląsko-krakowskiego (tab. 4).

Kumulacja w osadach Bytomki kadmu (do 14 mg/kg), chromu (do 320 mg/kg), miedzi (do 130 mg/kg), ołowiu (do 1500 mg/kg) i cynku (do 4700 mg/kg) związana jest przypuszczalnie z odciekami z historycznych hałd odpadów pohutniczych, zlokalizowanych

między jej doliną a obiektami huty Zygmunt. Są to hałdy historycznej huty cynku Marien Wunsch oraz cynkowni dawnej huty Zygmunt (Degenhardt, 1870; Szczech, 2003; Zamet...).

Do Bytomki są też transportowane silnie zanieczyszczone metalami i arsenem osady zbiorników, które łączy strumień płynący z dzielnicy Lipiny w Świętochłowicach. Największą zawartość srebra (45 mg/kg), arsenu (1320 mg/kg), kadmu (170 mg/kg), miedzi (314 mg/kg), manganu (2400 mg/kg), niklu (70 mg/kg), ołowiu (12 100 mg/kg), cynku (45 360 mg/kg) i żelaza (10%) zanotowano w osadach zbiornika Ajska, położonego przy krańcu ul. Lotniczej w Świętochłowicach. Jest to teren hałdy (noszącej nazwę Kopyto) historycznej huty cynku (huta Dawida, później Guidotto), do której dowożono rudę z Szarleja koło Bytomia (Chropaczów...). W latach 20. XX w. dostarczała ona około 10% krajowej produkcji cynku. W zakładzie był też wytwarzany kwas siarkowy, saletra oraz mangan i kadm. W latach 30. XX w. huta zakończyła działalność. Do czasów współczesnych w Lipinach zachowała się część hałdy odpadów, które po prawie 100 latach od zamknięcia huty nadal zanieczyszczają osady i wody tego terenu.

Poprzez strumień Rów Graniczny Bytomka jest zasilana i zanieczyszczana wodami, które transportują osady z rejonu zbiorników Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego Żabie Doły, gdzie gromadzono odpady po flotacji rud cynku i ołowiu (Cempiel i in., 2014).

**Potok Bielszowski (Kochłówka) i jego zlewnia.** W wyniku eksploatacji węgla prowadzonej przez kopalnie Pokój i Halemba-Wirek w zlewni potoku zakłócone są stosunki wodne, co powoduje okresowe podtopienia.

Na analizowanym odcinku aluwia potoku są zanieczyszczone przez bar (do 550 mg/kg), kobalt i nikiel (odpowiednio do 175 i 160 mg/kg), chrom (do 190 mg/kg), miedź (do 170 mg/kg), mangan (do 16 600 mg/kg), ołów (do 370 mg/kg) i cynk (do 1820 mg/kg). Ponadto zanotowano wzbogacenie w wapń (do 12%), żelazo (do 11,50%) i fosfor (do 1%).

Najbardziej zanieczyszczone osady pochodzą z uregulowanej części koryta potoku (poniżej ujścia cieką bez nazwy odwadniającego rejon składowiska odpadów kopalni Halemba-Wirek), ale wcześniej prawdopodobnie były one zgromadzone w kilku rozlewiskach w dolinie i mogły zostać przemieszczone w dół podczas wysokich stanów wód.

Głównym źródłem skażenia osadów metalami jest prawdopodobnie działalność już nieczynnej huty Batory, zlokalizowanej w górnej części zlewni potoku. Działała ona przez ponad 100 lat, a do środowiska naturalnego przenikały zanieczyszczenia ze składów surowców oraz odpady i ścieki przemysłowe. Od 1873 r. zakład pod nazwą Bismarckhütte produkował stal, rury i blachy (Huta Batory...). W okresie 1912–1915 wytwarzano tu pociski, kotły okrętowe i blachy pancerne, a w kolejnych latach produkowano stal, blachy i narzędzia

górnictwa. Zmiany profilu produkcji wymagały używania wielu surowców, co wpływało na charakter ścieków. Źródłem zanieczyszczeń osadów Potoku Bielszowickiego są też odcieki z hałdy kopalni Halemba-Wirek oraz ścieki komunalne i przemysłowe tego zakładu.

**Rawa i jej zlewnia.** Z powodu obudowy i przykrycia koryta Rawy większość próbek osadów pobrano poniżej oczyszczalni Klimzowiec, zlokalizowanej przy granicy Chorzowa i Katowic. Pomimo unowocześnienia i wieloetapowego oczyszczania ścieków analizowane osady okazały się silnie skażone metalami, w większości mają charakter szlamów poprzemysłowych. W ich składzie znajduje odzwierciedlenie wieloletnie odprowadzanie ścieków z zakładów (głównie hut), które już nie istnieją lub zmieniły rodzaj produkcji. Na skład chemiczny osadów rzeki wpływają też zanieczyszczenia wprowadzane obecnie ze ściekami komunalnymi i przemysłowymi ze Świętochłowic i Chorzowa.

W osadach Rawy maksymalna koncentracja srebra wynosi 11 mg/kg, arsenu 222 mg/kg, kadmu 43 mg/kg, chromu 417 mg/kg, miedzi 266 mg/kg, żelaza 17,80%, rtęci 4,35 mg/kg, manganu 18 790 mg/kg, niklu 213 mg/kg, ołowiu 430 mg/kg i cynku 2310 mg/kg.

Na terenie zlewni szczególnym zanieczyszczeniem wyróżniają się osady cieku bez nazwy, odwadniającego rejon między ulicą Żeliwną a bocznica kolejową (w tym obszar starej hałdy odpadów) w Katowicach. Znotowano tu 17 mg/kg srebra, 350 mg/kg kobaltu, 220 mg/kg chromu, 180 mg/kg miedzi, 2–3% żelaza, 4 mg/kg rtęci, 590 mg/kg ołowiu i 2300 mg/kg cynku. Skład osadów wskazuje na drenaż hałdy, na której prawdopodobnie gromadzono osady pohnitnicze (być może z pobliskiej i już niedziałającej huty Baildon).

**Zbiorniki wód stojących.** W dolinie Rawy, na skraju Osiedla Tysiąclecia w Katowicach położone są dwa zbiorniki określane nazwą **staw Maroko**. Bardziej zanieczyszczone metalami są osady większego ze zbiorników, który powstał w wyrobisku utworzonym w wyniku eksploatacji złóż węgla kamiennego kopalni Kleofas. Kiedyś pełnił rolę ośrodka wodno-rekreacyjnego, a obecnie jest użytkiem ekologicznym. Staw stanowi ostoję dla wielu gatunków zwierząt i ptaków, a z jego wód odławianych jest kilka gatunków ryb. Jednocześnie w jego osadach (szczególnie przy południowym brzegu) zawartość metali jest niepokojąco wysoka. Stwierdzono tu do 12 mg/kg srebra, 480 mg/kg arsenu, 413 mg/kg kadmu, 405 mg/kg chromu, 1399 mg/kg miedzi, 1,51 mg/kg rtęci, 116 mg/kg molibdenu, 580 mg/kg niklu, 1835 mg/kg ołowiu, 103 mg/kg cyny, 320–400 mg/kg strontu, 1010 mg/kg tytanu, 210 mg/kg wanadu i 3130 mg/kg cynku.

Między stadionem Ruchu Chorzów a doliną Rawy położony jest zbiornik (osadnik wód chłodniczych) nieczynnej huty Batory w Chorzowie. W jego osadach zwraca uwagę szczególnie wysoka zawartość żelaza, dochodząca do 34,40% oraz molibdenu (200 mg/kg),



niklu (681 mg/kg), cyny (132 mg/kg) i miedzi (2420 mg/kg). Osady są też zanieczyszczone przez srebro (12 mg/kg), kadm (22 mg/kg), kobalt (51 mg/kg), chrom (901 mg/kg), rtęć (1,08 mg/kg), ołów (730 mg/kg) i cynk (3640 mg/kg).

Osady zbiornika położonego w sąsiedztwie parku Zgoda i byłej huty Florian (obecnie MittalSteel) przy ul. Krauzego w Świętochłowicach przypuszczalnie zostały zanieczyszczone przez ścieki zrzucane w trakcie działalności tego zakładu. Huta była zakładem surowcowym od lat 30. XIX w (Huta Florian...). W połowie lat 90. XX w. zamknięto stalownię, a obecnie wytwarza się blachy cynkowe i powlekane lakierami. W osadniku stwierdzono szlam o zawartości 400 mg/kg baru, 6,69% wapnia, 256 mg/kg chromu, 145 mg/kg miedzi, 4,96% żelaza, 490 mg/kg ołowiu, 0,246% siarki, 13 mg/kg cyny, 580 mg/kg tytanu i 1800 mg/kg cynku.

Na terenie zlewni Rawy położony jest **staw Kalina**, który powstał w zapadlisku nad płytko eksploatowanym pokładem węgla. Zbiornik istniał już przed I wojną światową i służył wówczas jako kąpielisko. Zanieczyszczenie jego otoczenia sięga XIX w., kiedy zaczęła tu działać Bismarckhütte (później Batory) i destylarnia smoły, a przez około 50 ostatnich lat w pobliskich zakładach chemicznych Hajduki (obecnie San Marco Polonia) były produkowane farby i lakiery (Wantuch, Cudak, 2009). Wody przemysłowe zrzucano do zbiornika, a w jego pobliżu usypano hałdę odpadów poprodukcyjnych. Osady stawu są zanieczyszczone metalami w stopniu umiarkowanym. Zawartość chromu wynosi w nich maksymalnie 40 mg/kg, miedzi 70 mg/kg, rtęci 0,61 mg/kg, ołowiu 310 mg/kg i cynku 1050 mg/kg. Problemem stwarza zgromadzenie w zbiorniku fenoli i innych związków organicznych. Aktualnie prowadzone jest specjalistyczne oczyszczanie wód i osadów stawu.

Nazwa **stawy Magiera** dotyczy dwóch zbiorników położonych na terenie Świętochłowic przy Drogowej Trasie Średnicowej. Większy z nich (zachodni) bywa też nazywany stawem Zacisze. Łączy się kanałem z bardziej zanieczyszczonym stawem wschodnim (Matylda). Zwraca uwagę zawartość w nim kadmu (103 mg/kg) oraz ołowiu (425 mg/kg) i cynku (4040 mg/kg).

Przy zachodniej granicy Świętochłowic zlokalizowany jest **staw Martyn**, sąsiadujący od południa ze składowiskiem odpadów komunalnych. W składzie osadów stawu, w którego podłożu występują gliny lodowcowe, zaznacza się korzystna przewaga czynników litologicznych nad antropogenicznymi. Osady te obfitują w glin (0,6–0,9%), żelazo (2,50–7,40%), magnez (0,40–4,20%) i mangan (640–8500 mg/kg). Na zawartość innych składników w osadach stawu wpłynęły prawdopodobnie odcieki z pobliskiego składowiska. Świadczą o tym znaczne zawartości pierwiastków pochodzenia antropogenicznego. Zanotowano tu 98

mg/kg arsenu, 605 mg/kg chromu, 120 mg/kg miedzi, 0,15 mg/kg rtęci, 84 mg/kg niklu, 900 mg/kg ołowiu i 2600 mg/kg cynku.

**Staw Zojra**, leżący na terenie Świętochłowic, powstał na skutek zapadania się terenu w wyniku eksploatacji węgla. Sąsiaduje z hałdą, na której zgromadzone są odpady górnicze, ale też spieczone żużle z wytopu żelaza. Zanieczyszczenie osadów zbiornika metalami wiązać można głównie ze składem odpadów pohanicznych. Zawierają one 515 mg/kg arsenu, 905,9 mg/kg kadmu, 188 mg/kg miedzi, 11,80 mg/kg rtęci, 7200 mg/kg ołowiu, 23 mg/kg cyny i 9700 mg/kg cynku.

**Zespół zbiorników**, zlokalizowany między terenami przemysłowymi huty Pokój i huty Florian na terenie Rudy Śląskiej (przy ul. Stalowej), sąsiaduje od strony północnej ze składowiskiem odpadów komunalnych. Stwierdzona w osadach zawartość metali wskazuje jednoznacznie na ścieki i szlamy odprowadzane z hut jako źródło ich zanieczyszczeń. Maksymalnie osady zawierają: 900–1104 mg/kg baru, 10,14% wapnia, 19,2 mg/kg kadmu, 170 mg/kg chromu, 340 mg/kg miedzi, 15,13% żelaza, 0,70 mg/kg rtęci, 1,80% magnezu, 32 300 mg/kg manganu, 1400 mg/kg ołowiu, 58 mg/kg cyny, 400–510 mg/kg strontu, 530 mg/kg tytanu, 110 mg/kg wanadu i 4700 mg/kg cynku.

**Staw Marcina**, położony między stacją kolejową Ruda Chebzie i terenem dawnej Huty Silesia, jest typowym zbiornikiem zapadliskowym. W jego otoczeniu zgromadzone są odpady pokopalniane, żużel, kawałki betonu, a jego osady obfitują w metale. Zanotowano w nich 172 mg/kg miedzi, 103 mg/kg niklu, 380 mg/kg ołowiu, 1050 mg/kg cynku i 6,91% żelaza.

Zespół kilku zbiorników na pograniczu Bytomia i Chorzowa – **Żabie Doły** – powstał w wyniku eksploatacji górniczej. Na powierzchni i pod niewielkim przykryciem osadów neogenu zalegają tu triasowe dolomity kruszonośne zawierające rudy cynku i ołowiu (Wyczółkowski, 1957). Wydobywano je i przetwarzano już od XII w., a wydobyciu rud towarzyszyło powstawanie hałd odpadów poflotacyjnych i zapadlisk. Od około 1860 r. za północną granicą arkusza działała kopalnia rud cynku i ołowiu Biały Szarlej, przekształcona w końcowym etapie działalności (1989 r.) w Zakłady Górniczo-Hutnicze (ZGH) Orzeł Biały (Machowski, 2010). Największa hałda odpadów poprodukcyjnych ZGH Orzeł Biały zlokalizowana jest na północ od zbiorników Żabie Doły. Inne hałdy rud cynkowo-ołowiowych po ich historycznej eksploatacji są rozproszone i dziś już prawie niewidoczne w morfologii terenu, ale są elementem zanieczyszczającym środowisko.

Od lat 20. XX w. pierwsze z powstałych zbiorników były wykorzystywane jako osadniki odpadów gromadzonych w wyniku procesów flotacji rud działających zakładów, a w

ich otoczeniu istniały hałdy odpadów poprodukcyjnych. Inne ze zbiorników utworzono w latach 50. XX w. W przeszłości zbiorniki były rozdzielone nasypami linii kolejowych. Zanotowana anomalna zawartość metali może też pochodzić częściowo ze źródeł geologicznych. Odsłaniające się wychodnie skał przez wiele lat były erodowane, a produkty wietrzenia dostawały się do osadów.

Koncentracja metali ciężkich w osadach badanych zbiorników jest zróżnicowana. Maksymalną zawartość stwierdzono w osadach zbiornika południowo-zachodniego. Koncentracja srebra wynosi tu 7 mg/kg, arsenu 171 mg/kg, baru 650 mg/kg, kadmu 150 mg/kg, miedzi 160 mg/kg, żelaza 4,42%, manganu 2420 mg/kg, ołowiu 5100 mg/kg, siarki 1,860% i cynku 28 522 mg/kg.

Podobne skoncentrowanie metali zanotowano w osadach zbiornika bez nazwy w pobliskich Maciejkowicach: 21 mg/kg srebra, 390 mg/kg arsenu, 230 mg/kg kadmu, 307 mg/kg miedzi, 1,51 mg/kg rtęci, 25 080 mg/kg ołowiu i 28 500 mg/kg cynku. Prawdopodobnie także w tym zbiorniku gromadzono odpady po flotacji rud cynku i ołowiu.

W dzielnicy Świętochłowic Lipiny zlokalizowany jest ciąg niewielkich zbiorników połączonych strumieniem Guidotto. We wszystkich zbiornikach osady są zanieczyszczone metalami, ale ich szczególną koncentracją wyróżnia się **staw Gliniok**. W jego osadach zawartość srebra wynosi 103 mg/kg, arsenu 2220 mg/kg, kadmu 98 mg/kg, ołowiu 5800 mg/kg i cynku 30 721 mg/kg.

W zbiorniku **Ajska** (przy krańcu ul. Lotniczej w Świętochłowicach) osady zawierają 45 mg/kg srebra, 1320 mg/kg arsenu, 170 mg/kg kadmu, 314 mg/kg miedzi, 12 100 mg/kg ołowiu, 45 360 mg/kg cynku i około 10% żelaza. Jest to teren, na którym już w 1823 r. powstała huta cynku – huta Dawida, później Guidotto (Chropaczów...).

**Zbiorniki na terenie WPKiW.** Osady większości małych zbiorników wodnych położonych na terenie WPKiW zawierają badane pierwiastki w granicach naturalnego tła geochemicznego. W niektórych z nich stwierdzono jednak zwiększoną zawartość ołowiu (do 200–300 mg/kg) i cynku (do 1600 mg/kg).

**Inne zbiorniki.** W mniejszych zbiornikach, zlokalizowanych w górnej części zlewni Rawy, zgromadzone osady zawierają większość metali oraz siarkę, fosfor i arsen w ilości zbliżonej do regionalnego tła geochemicznego. Podobnie jak w wielu innych zbiornikach i ciekach gromadzą jednak ołów (do 220 mg/kg) i cynk (do 1350 mg/kg). Podwyższone zawartości baru (260–380 mg/kg) można wiązać ze źródłem litologicznym w postaci wychodni klastycznych skał karbonu wzbogaconych w ten pierwiastek. Najmniej skażonymi osadami wyróżnia się staw Skalka.

## WODY POWIERZCHNIOWE

Oddziaływanie antropogeniczne na zasoby wodne ma zarówno wymiar ilościowy (zmiana stosunków wodnych), jakościowy (zanieczyszczenia wód, zmiany chemizmu), jak i morfologiczny (przekształcenia kształtu koryt cieków czy mis zbiorników). Niekorzystne zmiany mają w konsekwencji skutki ekologiczne, polegające na zaburzeniu warunków siedliskowych, ustępowaniu określonych gatunków, zmniejszaniu się bioróżnorodności (Bańkowska...).

Przeprowadzone badania wód zlewni Bytomki, Potoku Bielszowickiego (Kochłówki) i Rawy dotyczyły tylko ich składu chemicznego. W celu porównania i łatwiejszej oceny jakości analizowanych wód, przytoczono zawartość ich poszczególnych składników oraz wyniki obliczonych parametrów statystycznych wraz z wartością graniczną wskaźników jakości wód powierzchniowych stosowanych w Polsce (Rozporządzenie..., 2011) oraz wskaźników dla wód mineralnych i wód pitnych według zaleceń UE (EU Directive 1998/83/EC; EU Directive 2009/54/EC) – tab. 5.

Stwierdzona wartość odczynu wód w ciekach i zbiornikach wód stojących z terenu arkusza nie przekracza zaleceń normatywnych. Natomiast ich mineralizacja, sygnalizowana wartościami EC, w większości przekracza wartość 1,5 mS/cm, przyjmowaną jako graniczna dla wód dobrej jakości (Witeczak, Adamczyk, 1994; Rozporządzenie..., 2011). Niezadowalająca jakość wód powodowana jest przez zrzuty wód z kopalń węgla kamiennego, ścieków komunalnych oraz ścieków przemysłowych z zakładów metalurgicznych.

**Bytomka i jej zlewnia.** Wody Bytomki charakteryzuje odczyn zasadowy (pH 8,0! 8,4), zaś na obszarze jej zlewni wahania zmienności tego wskaźnika mieszczą się w granicach 6,7! 9,6.

Przewodność elektrolityczna właściwa wód jest bardzo zróżnicowana. Wynosi 0,37–10,94 mS/cm w obszarze zlewni, a w wodach Bytomki mediana wartości EC wynosi 6,80 mS/cm, świadcząc o ich silnej mineralizacji spowodowanej dopływem wód kopalnianych i ścieków komunalnych. Poza północną granicą arkusza do rzeki zrzucane są ścieki z oczyszczalni ścieków w Bytomiu (przy ul. Małgorzatkki), a w jej niższym biegu z oczyszczalni Orzegów. Źródłem soli są też spływy z rejonu stacji kolejowej Bytom Główny i z odwodnienia obiektów zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego Szombierki.

Wody Bytomki są zanieczyszczone przede wszystkim przez zespół składników pochodzących z wód kopalnianych: bor (do 1,92 mg/dm<sup>3</sup>), potas (do 48,3 mg/dm<sup>3</sup>), lit (do 212,9 µg/dm<sup>3</sup>), sól (do 1442,5 mg/dm<sup>3</sup>) i siarczany (do 13 015 mg/dm<sup>3</sup>). Obfitują też w

magnez i wapń pochodzące z tych samych źródeł, zaś niewielkie jest w nich stężenie arsenu ( $5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i baru ( $0,03\text{--}0,05 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

Bytomkę zasila i zanieczyszcza potok, który przepływa przez kilka zbiorników wód stojących w północno-zachodniej części Świętochłowic. Duża zawartość arsenu ( $21 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i metali zanotowana w wodach niektórych zbiorników ( $8,89 \text{ mg}/\text{dm}^3$  kadmu,  $4,13 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  miedzi,  $1,84 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  antymonu,  $2\text{--}5 \text{ mg}/\text{dm}^3$  cynku oraz do  $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  seleniu i  $0,80 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  talu) pochodzi przypuszczalnie z wietrzenia i wypłukiwania hałdy odpadów poprodukcyjnych historycznej huty Guidotto. Wody tych zbiorników są również zanieczyszczone przez składniki charakterystyczne dla wód kopalnianych – bor, sól, potas, lit i siarczan. Do potoku odprowadzane są ścieki komunalne z Chropaczowa (dzielnicy Świętochłowic), które mogą być dodatkowym źródłem zanieczyszczenia wód Bytomki. Świadczy o tym obecność fosforu, dochodząca do  $0,40 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , a także wcześniejsze analizy jakości wody, które wykazały w wodach potoku wysokie zanieczyszczenie siarczanami ( $1800 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) i azotanami (Działoszyńska-Wawrzkiwicz, 2007).

W zbiornikach wód stojących w prawostronnej części zlewni Bytomki stwierdzono wartość EC  $>6 \text{ mS}/\text{cm}$  oraz znaczną zawartość metali – do  $1 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  kadmu, do  $15 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  kobaltu,  $2\text{--}4 \text{ mg}/\text{dm}^3$  manganu,  $10\text{--}15 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  molibdenu,  $10\text{--}12 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  niklu i  $2,26 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  antymonu. Mogą pochodzić z galwanizerni.

Z uwagi na wartość przewodności elektrolitycznej właściwej oraz zawartość wapnia, magnezu i siarczanów, większość analizowanych wód zlewni Bytomki to wody pozaklasowe.

**Potok Bielszowicki (Kochłówka) i jego zlewnia.** Potok charakteryzują wysokie przepływy, powodowane przez wody przerzucane z innych zlewni w celu zaopatrzenia ludności i przemysłu w wodę oraz wypompowywanie wód dołowych z kopalń Pokój i Halemba-Wirek (Cudak i in., 2009).

Pomierzone wartości przewodności elektrolitycznej wód wskazują na ich wyjątkowo duże zanieczyszczenie (średnio EC wynosi  $9,54 \text{ mS}/\text{cm}$ ), a już wartości EC powyżej  $1 \text{ mS}/\text{cm}$  świadczą o nadmiernej mineralizacji (Witczak, Adamczyk, 1994). Zespół składników zawartych w słonych wodach kopalnianych występuje w dużych koncentracjach w wodach potoku i obejmuje potas (do  $68,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), lit (do  $555,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), magnez (do  $228,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), sól (do  $2112,1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), siarczan (do  $15\ 750 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) i stront (do  $3,250 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

Zrzuty ścieków technologicznych z huty Batory, odcieki z hałd jej odpadów i składowisk surowców są z kolei powodem nadmiernej zawartości metali, szczególnie w górnym odcinku zlewni. Stwierdzono tu obecność znacznego stężenia kobaltu (do  $4 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), molibdenu (do  $14,88 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i niklu ( $10\text{--}11 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ).

Korzystnym faktem jest nieznaczna zawartość talu i kadmu ( $<0,05 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). Na całym analizowanym odcinku potoku zawartość innych pierwiastków jest wyrównana.

Wysoka wartość przewodności elektrolitycznej właściwej oraz zawartość wapnia, magnezu i siarczanów pozwalają na zaliczenie analizowanych wód potoku do pozaklasowych.

**Rawa i jej zlewnia.** Wody Rawy charakteryzuje wartość przewodności elektrolitycznej właściwej w przedziale  $0,76\text{--}3,63 \text{ mS}/\text{cm}$  i odczyn w granicach  $8,5\text{--}9,6$ . Są one zanieczyszczone przez metale, których głównym źródłem są prawdopodobnie zrzuty ścieków technologicznych z hut Silesia, Florian i Batory oraz odcieki z hałd odpadów poprodukcyjnych tych zakładów. Zanotowano tu podwyższoną zawartość kobaltu (do  $5,92 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), żelaza (do  $4,36 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), manganu (do  $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), molibdenu (do  $5,09 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), niklu (do  $11,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), antymonu (do  $1,18 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i talu (do  $0,29 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ). O zasilaniu Rawy zrzutami wód dołowych świadczy duża zawartość potasu, litu, sodu i siarczanów. Poniżej oczyszczalni Klimzowiec na złą jakość wód rzeki dodatkowo wpływa zawartość fosforu ( $>0,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ) i siarczanów ( $> 3330 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

Wody Rawy można zaliczyć do pozaklasowych z uwagi na przekroczoną dopuszczalną granicę wartości przewodności elektrolitycznej właściwej, zawartość fosforu i siarczanów

**Zbiorniki wód stojących.** Staw Maroko jest zasilany dopływami z kanalizacji deszczowej pobliskich osiedli mieszkaniowych, ale też regularnie zarybiany i stanowi ostoję dla wielu gatunków zwierząt. Jego wody wykazały odczyn  $8,8\text{--}9,0$  i EC  $0,590\text{--}0,640 \text{ mS}/\text{cm}$ . Analizowane składniki spełniają normy dla I klasy jakości wód powierzchniowych. Przekroczony jest jedynie stężenie siarczanów, zanotowanych w zakresie  $380\text{--}404 \text{ mg}/\text{dm}^3$ .

Wody osadnika huty Batory w Chorzowie charakteryzuje odczyn  $8,9$  i EC  $0,523 \text{ mS}/\text{cm}$ . Należą do wód pozaklasowych z uwagi na zawartość molibdenu ( $68,97 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), niklu ( $48,8 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), antymonu ( $4,28 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) i siarczanów ( $766 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

**Staw Kalina** zawiera wody zmineralizowane (EC  $3,670\text{--}3,900 \text{ mS}/\text{cm}$ ) o odczynie zasadowym (pH  $8,2\text{--}8,5$ ). Są one zanieczyszczone zarówno przez metale ( $125,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  glinu,  $0,21 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  kadmu,  $0,60 \text{ mg}/\text{dm}^3$  żelaza,  $0,933 \text{ mg}/\text{dm}^3$  manganu), jak i inne składniki ( $14,5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  arsenu,  $0,371 \text{ mg}/\text{dm}^3$  fosforu,  $12\ 450 \text{ mg}/\text{dm}^3$  siarczanów i  $20,73 \text{ mg}/\text{dm}^3$  krzemionki). W wodach stawu zwraca uwagę zawartość pierwiastków, które mogą pochodzić ze ścieków przemysłu chemicznego. Zanotowano tu koncentrację berylu ( $0,10\text{--}0,12 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), chromu ( $0,02 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), niklu ( $10 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), selenu ( $5 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), ołowiu ( $3,02 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ), tytanu ( $0,026 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ), wanadu ( $65\text{--}88 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ ) oraz fosforu ( $0,30\text{--}0,40 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ).

W wodach **stawów Magiera** zanotowano pH w granicach 7,7–8,1 i EC od 1,865 do 2,090 mS/cm. Ze względu na stężenie siarczanów (do 8025 mg/dm<sup>3</sup>) wody zaliczono do pozaklasowych, choć zawartość metali (do 189,5 mg/dm<sup>3</sup> wapnia, do 80 mg/dm<sup>3</sup> magnezu, do 18,2 µg/dm<sup>3</sup> niklu i do 7,02 µg/dm<sup>3</sup> antymonu) mieści się w granicach dla wód II klasy jakości.

Wody **stawu Zojra** charakteryzują podwyższone zawartości wapnia (196,4 mg/dm<sup>3</sup>), magnezu (100 mg/dm<sup>3</sup>), krzemionki (18,6 mg/dm<sup>3</sup>) i uranu (4,1 µg/dm<sup>3</sup>) oraz zanieczyszczenie siarczanami (7062 mg/dm<sup>3</sup>).

**Zespół zbiorników** zlokalizowany między terenami przemysłowymi hut Pokój i Florian na terenie Rudy Śląskiej (przy ul. Stalowej) zawiera wody o odczynie zasadowym (pH 8,4–8,7) i przewodności elektrolitycznej właściwej w zakresie 2,540–2,700 mS/cm. Są one zanieczyszczone głównie przez zespół pierwiastków charakterystyczny dla wód kopalnianych (8972 mg/dm<sup>3</sup> siarczanów, 201,7 mg/dm<sup>3</sup> potasu, 302,3 µg/dm<sup>3</sup> litu, 1,6 mg/dm<sup>3</sup> boru). Wody te obfitują ponadto w pierwiastki pochodzące ze ścieków przemysłu metalurgicznego: kobalt (2–3 µg/dm<sup>3</sup>), nikiel (4–7 µg/dm<sup>3</sup>), wanad (5–7 µg/dm<sup>3</sup>), molibden (30 µg/dm<sup>3</sup>), antymon (2–3 µg/dm<sup>3</sup>), selen (3–4 µg/dm<sup>3</sup>) i tal (0,2–0,3 µg/dm<sup>3</sup>).

W zbiorniku **Ajska** stwierdzono występowanie wód o pH 9,1 i EC 2,860 mS/cm. Są one zaliczone do pozaklasowych z powodu silnego zanieczyszczenia przez siarczany (15 114 mg/dm<sup>3</sup>) oraz obecność wapnia (215,4 mg/dm<sup>3</sup>) i magnezu (240,7 mg/dm<sup>3</sup>).

Wody zbiorników **Żabie Doły** charakteryzuje pH w granicach 7–8 i EC >1 mS/cm, świadczące o ich znacznej mineralizacji. Zawartość metali jest bardzo zróżnicowana. Kadm, chrom i tal stwierdzono w stężeniach poniżej granicy oznaczalności metody analitycznej, zanieczyszczenie przez ołów i cynk jest nieznaczne. Zanotowano zaś wzbogacenie wód w kobalt (do 1 µg/dm<sup>3</sup>), miedź (do 1,15 µg/dm<sup>3</sup>) i antymon (4–5 µg/dm<sup>3</sup>). Analizowane wody zawierają też zwiększone zawartości składników związanych z wodami kopalnianymi: boru, potasu, litu, sodu, rubidu, siarczanów, strontu i uranu. Ze względu na stężenie siarczanów (1790–6480 mg/dm<sup>3</sup>), baru (do 0,660 mg/dm<sup>3</sup>) i niklu (72,2 µg/dm<sup>3</sup>) są to wody pozaklasowe.

**Inne zbiorniki.** Wody innych zbiorników bezodpływowych w górnej części zlewni Rawy oraz na terenie WPKiW mają podobny odczyn; najczęściej pH w granicach 8–9. Zdecydowanie odmienna jest wartość EC wód w tych dwu obszarach. W rejonie WPKiW jest mniejsza od 0,5 mS/cm, świadcząc o ich niewielkiej mineralizacji, a w zachodniej części zlewni często przekracza 2 mS/cm, maksymalnie osiągając 6,03 mS/cm. Zawartość pierwiastków w poszczególnych zbiornikach wskazuje na różne źródła ich pochodzenia.

Na terenie WPKiW wody zbiorników i cieków charakteryzują się małą zawartością wszystkich analizowanych składników, poza siarczanami, których stężenie waha się od 400 do 1400 mg/dm<sup>3</sup>, nie pozwalając na ich zaklasyfikowanie do wód dobrej jakości.

## WNIOSKI

1. Antropogenicznymi źródłami zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego są: hutnictwo żelaza i metali nieżelaznych, przemysł chemiczny i metalowy, wydobywanie węgla kamiennego i jego spalanie na wielką skalę w elektrowniach, historyczna eksploatacja i hutnictwo rud cynkowo-ołowiowych, oddziaływanie odpadów przemysłowych (hałd skał płonnych, żużli, osadników szlamów i mułów węglowych, zrzuty wód dołowych), urbanizacja i transport.
2. Skład chemiczny gleb został w tak znacznym stopniu zmieniony przez czynniki antropogeniczne w stosunku do skał macierzystych, że podstawowe cechy geochemiczne skał pierwotnych są słabo czytelne. Naturalne składniki gleb zostały przemieszane z materiałami obcymi, często wielokrotnie przekopane, nasączone słonymi wodami dołowymi i przesuszone.
3. Rozkład zawartości pierwiastków w glebach (glinu, baru, wapnia, kobaltu, magnezu, manganu, niklu, fosforu, strontu, siarki, tytanu i wanadu), których głównym źródłem są skały macierzyste, jest znacznie bardziej warunkowany rodzajem działalności przemysłowej w poszczególnych rejonach niż budową geologiczną podłoża gleb. Wyraźny związek chemizmu skał podłoża i gleb zaznacza się jedynie na wychodniach węglanowych utworów triasu, gdzie gleby obfitują w wapń, magnez, żelazo i mangan.
4. Odczyn gleb jest mało zróżnicowany i zależy przede wszystkim od sposobu ich użytkowania. W obydwu zakresach głębokości przeważają gleby o odczynie zasadowym, zajmujące większe powierzchnie w warstwie 0,8–1,0 m. Alkalinizacja jest spowodowana przez opad pyłów, głównie ze spalania węgla dla celów energetyki, ciepłownictwa i przemysłu.
5. W rejonach historycznej eksploatacji złóż cynku i ołowiu, wokół nieczynnych i działających hut metali oraz w otoczeniu hałd i wysypisk występują liczne anomalie antropogeniczne srebra, arsenu, kadmu, chromu, miedzi, żelaza, rtęci, niklu, ołowiu i cynku. Najbardziej zanieczyszczone tymi metalami są gleby północno-zachodnich dzielnic Świętochłowic, wschodnich rejonów Rudy Śląskiej oraz pogranicza Bytomia i Chorzowa.
6. Kontaminacja osadów i wód powierzchniowych ma charakter antropogeniczny. Jej źródłem są zrzuty wód dołowych czynnych i nieczynnych kopalń węgla kamiennego, ścieków przemysłowych i komunalnych oraz drenaż hałd odpadów pogórnictwa i pohutniczych.



7. Osady cieków i zbiorników wód stojących są w większości silnie zanieczyszczone przez metale związane ze współczesnym i historycznym hutnictwem stali i metali nieżelaznych oraz działalnością zakładów metalowych (chrom, cynk, kadm, kobalt, miedź, nikiel, ołów, rtęć, srebro i żelazo).

8. Badane wody mają głównie odczyn zasadowy. Duże zasolenie większości cieków wiąże się ze zrzutami zmineralizowanych wód kopalnianych. Wody zrzucane z kopalń węgla kamiennego powodują przede wszystkim silne zanieczyszczenie cieków i zbiorników wód stojących przez siarczany oraz bor, chlor, potas, lit, sól, stront, tal i antymon. W ciekach drenujących rejony wysypisk odpadów wody są zanieczyszczone przez arsen, bar, miedź, żelazo, mangan, molibden, fosfor i antymon.

## LITERATURA

BAŃKOWSKA A., Zagrożenia ekosystemów wodnych.

<http://h2o.zrodla.org/pliki/rozdzial3.pdf>

BLODAU C., 2006 – A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watersheds. *Sci. Total Environ.*, **369**: 307–332.

BRANŻOWA NORMA BN-78/9180-11, 1978 – Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne. PKN, Warszawa.

BOJAKOWSKA I., GLIWICZ T., MAŁECKA K., 2006 – Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003–2005. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

BRODZIŃSKI I., GAŁKA M., WILK S., LIS J., PASIECZNA A., WOŁKOWICZ S., STRZELECKI R., STRZEMIŃSKA K., KRIEGER W., 2004 – Objąsnienia do Mapy geosrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, ark. Zabrze. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

BUŁA Z., KOTAS A. (red.), 1994 – Atlas geologiczny GZW w skali 1:100 000 cz. III. Mapa geologiczno-strukturalna utworów karbonu produktywnego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

CÁNOVAS C.R., PEIFFER S., MACÍAS F., OLÍAS M., NIETO J.M., 2015 – Geochemical processes in a highly acidic pit lake of the Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Chem. Geol.*, **395**: 144–153.

CEMPIEL E., CZAJKOWSKA A., NOWIŃSKA K., POZZI M., 2014 – Przejawy antropopresji w zlewni rzeki Bytomki. Wyd. PŚl., Gliwice.

CISZEWSKI D., 1997 – Source of pollution as a factor controlling distribution of heavy metals in bottom sediments of Chechło River (south Poland). *Environ. Geol.*, **29**: 50–57.

CISZEWSKI D., 2002 – Zapis działalności przemysłowej w osadach fluwialnych. *W: Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym* (P. Szwarczewski, E. Smolska, red.), t. 1: 23–28. Warszawa-Łomża.

CISZEWSKI D., 2005 – Osady pozakorytowe Odry jako archiwum historii zanieczyszczenia rzeki metalami ciężkimi. *W: Współczesna ewolucja rzeźby Polski* (A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz, red.): 60–67. VII Zjazd Geomorfologów Polskich. IGiGP UJ, Kraków.

CUDAŁ J., WANTUCH A., 2009 – Chorzów. *W: Wody podziemne miast Polski* (Z. Nowicki, red.). Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- CUDAK J., WANTUCH A., RAZOWSKA-JAWOREK L., 2009 – Ruda Śląska. *W: Wody podziemne miast Polski* (Nowicki Z., red.). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CHROPACZÓW. [pl.wikipedia.org/wiki/Chropaczów](http://pl.wikipedia.org/wiki/Chropaczów)
- CHYLAT A. (red.), 2003 – Program ochrony środowiska dla gminy Świętochłowice. Beskidzki Fundusz Ekorozwoju SA, Bielsko-Biała.
- DEGENHARDT O., 1870 – Der Oberschlesian-Polnische-Bergdistrict mit Hinweglassung des Diluviums. Karte von Oberschlesien 1:100 000. Verlag der Landkarten handlung von J.H. Neumann, Berlin.
- DURIASZ I., CUPIAŁ A., 2009 – Prognoza oddziaływania na środowisko dla zmiany studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Świętochłowice. <http://www.swietochlowice.pl/bip/gpn/zal7.pdf>
- DZIAŁOSZYŃSKA-WAWRZKIEWICZ M., 2007 – Koncepcja przyrodniczo-społecznego wykorzystania zalewisk na przykładzie zlewni rzeki Kłodnicy. [http://www.ietu.katowice.pl/klodnica/projekty\\_badawcze/Koncepcja\\_przyrodniczo-spoecznego\\_wykorzystania\\_zalewisk.pdf](http://www.ietu.katowice.pl/klodnica/projekty_badawcze/Koncepcja_przyrodniczo-spoecznego_wykorzystania_zalewisk.pdf)
- EU Directive 1998/83/EC Drinking Water.
- EU Directive 2009/54/EC Natural Mineral Water.
- FRIESE K., 2002 – Depth distribution of heavy metals in lake sediments from lignite mine pit lakes of Lusatia (Germany). *Stud. Quatern.*, **21**: 197–205
- GOROL M., 2011 – Poeksploatacyjne deformacje profilu rzeki skutkujące powstaniem zawodnień terenu. *Górnictwo i Geologia*, **6**: 19–26.
- GOVIL P.K., SORLIE J.E., SUJATHA D., KRISHNA A.K., MURTHY N.N., RAMA MOHAN K., 2012 – Assessment of heavy metal pollution in lake sediments of Katedan Industrial Development Area, Hyderabad, India. *Environ. Earth Sci.*, **66**: 121–128.
- HARNISCHMACHER S., 2007 – Anthropogenic impacts in the Ruhr district (Germany): a contribution to anthropogeomorphology in a former mining region. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **30**: 185–192.
- HINWOOD A.L., HEYWORTH J., TANNER H., MCCULLOUGH C., 2012 – Recreational use of acidic pit lakes – Human Health Considerations for Post Closure Planning. *J. Water Res. Protect.*, **4**: 1061–1070.
- HISTORIA Chorzowa. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Historia\\_Chorzowa](http://pl.wikipedia.org/wiki/Historia_Chorzowa)
- HISTORIA miasta. <http://swiony.pl/p,s,historia.html>
- HOTH N., FELDMANN H., RINKER A., GLOMBITZA F., HÄFNER F., 2005 – Reductive processes within lignite dumps – chance of a long-term natural attenuation process. *Geoderma*, **11**: 19–31.
- HRDINKA T., 2007 – Typology and potential utilization of anthropogenic lakes in mining pits in the Czech Republic. *Limnol. Rev.*, **7**: 47–53.
- HUTA Batory. <http://www.hutabatory.com.pl/>
- H U T A                    F l o r i a n . <http://poland.arcelormittal.com/kim-jestesmy/historia/huta-w-swietochlowicach.html>
- HUTA Kościuszko. <http://hutakosciuszko.w.interiowo.pl/>
- IBRAGIMOW A., GŁOSIŃSKA G., SIEPAK M., WALNA B., 2010 – Wstępne badania zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów równin zalewowych Lubuskiego Przełomu Odry. *Pr. Stud. Geogr.*, **44**: 233–247.
- JACHIMKO B., KASPRZAK M., 2011 – Zmiany składu chemicznego wód kopalnianego zbiornika zapadliskowego. *Rocz. Ochr. Środ.*, **13**: 1753–1766.
- JECHNA K. (red.), 2012 – Program ochrony środowiska dla województwa śląskiego do roku 2013 z uwzględnieniem perspektywy do roku 2018. <http://www.slaskie.pl/zalaczniki/2010/06/25/1267711950/1277500692.pdf>

- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCIŃSKI J., MARTINEC P., 2005 – Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLASYFIKACJA uziarnienia gleb i utworów mineralnych, 2008. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. [http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie\\_PTG\\_2008.pdf.pdf](http://www.ptg.sggw.pl/images/Uziarnienie_PTG_2008.pdf.pdf)
- KONDRACKI J., 2000 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOZIEŁ M., ZGŁOBICKI W., 2010 – Metale ciężkie w aluwjach Wieprza na obszarze Nadwieprzańskiego Parku Krajobrazowego. *Ochr. Środ. Zas. Nat.*, **43**: 26-37.
- LAGAUZÈRE S., MOREIRA S., KOSCHORRECK M., 2011 – Influence of bioturbation on the biogeochemistry of littoral sediments of an acidic post-mining pit lake. *Biogeosciences*, **8**: 339–352.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995a – Atlas geochemiczny Polski 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1995b – Atlas geochemiczny Górnego Śląska 1: 200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A., 1997 – Anomalie geochemiczne Pb-Zn-Cd w glebach na Górnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **45**, 2: 182–189.
- LIS J., PASIECZNA A., 1999 – Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska 1: 25 000. Promocyjny arkusz Sławków. Państw. Inst. Geol., Warszawa. <http://www.mapgeochem.pgi.gov.pl>
- MACHOWSKI R., 2010 – Przemiany geosystemów zbiorników wodnych powstałych w nieckach osiadania na Wyżynie Katowickiej. *Pr. Nauk. UŚL.*, 2811.
- MATSCHULLAT J., ELLMINGER F., AGDEMIR N., CRAMER S., LIESSMANN W., NIEHOFF N., 1997 – Overbank sediment profiles – evidence of early mining and smelting activities in the Harz mountains, Germany. *Appl. Geochem.*, **12**: 105–114.
- MICHALIK J. (red.), 2003 – Program ochrony środowiska wraz z planem gospodarki odpadami dla miasta Chorzów na lata 2004–2007 wraz z prognozą do roku 2011. [http://www.bip.chorzow.eu/add\\_www/file/prog\\_os.pdf](http://www.bip.chorzow.eu/add_www/file/prog_os.pdf)
- MILLER J.R., 1997 – The role of fluvial geomorphic processes in the dispersal of heavy metals from mine sites. *J. Geochem. Explor.*, **58**: 101–118.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000 – Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. AR, Poznań.
- MUCHA D., 2010 – Kanalizacja Rawy i otwartych kanałów ściekowych. *Gosp. Wodna*, **5**: 209–215.
- NOCOŃ W., 2009 – Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy. *Inż. Ochr. Środ.*, **12**: 65–76.
- PAULO A., STRZELSKA-SMAKOWSKA B., 2000 – Rudy metali nieżelaznych i szlachetnych. Wyd. AGH, Kraków.
- PLEWNIAK J., 2007 – Wpływ eksploatacji węgla na powierzchnie leśne w obszarze górniczym „Szczygłowice” w nadleśnictwie Rybnik. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, **4**: 245–261.
- RAPORT o stanie środowiska w województwie śląskim w 2013 roku. WIOŚ, Katowice.
- RATAJCZAK T., GAWĘŁ A., GÓRNIAK K., MUSZYŃSKA M., SZYDŁAK T., WYSZOMIRSKI P., 1999 – Charakterystyka popiołów lotnych ze spalania niektórych węgla kamiennych i brunatnych. *W: Masy popiołowo-mineralne i ich wykorzystanie w górnictwie węglowym. Pol. Tow. Miner. Pr. Spec.*, **13**: 9–34.
- REKULTYWACJA Bytomki. <http://www.rekultywacjabytomki.pl/o-projekcie.html>
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. DzU Nr 165, poz. 1359.

- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. DzU poz. 1482.
- RYŻAK M., BARTMIŃSKI P., BIEGANOWSKI A., 2009 – Metody wyznaczania rozkładu granulometrycznego gleb mineralnych. *Acta Agrophysica*, **175**, 4: 1–79.
- RYŻAK M., WALCZAK R.T., NIEWCZAS J., 2004 – Porównanie rozkładu granulometrycznego cząstek glebowych metodą dyfrakcji laserowej i metodą sedymentacyjną. *Acta Agrophysica*, **4**, 2: 509–518.
- RZEKI w miastach. [http://reuris-f.gig.eu/downloads/REURIS\\_Podrecznik.pdf](http://reuris-f.gig.eu/downloads/REURIS_Podrecznik.pdf)
- RZĘTAŁA M., 2008 – Funkcjonowanie zbiorników wodnych oraz przebieg procesów limnicznych w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie regionu górnośląskiego. [http://www.sbc.org.pl/Content/74082/funkcjonowanie\\_zbiornikow.pdf](http://www.sbc.org.pl/Content/74082/funkcjonowanie_zbiornikow.pdf)
- RZĘTAŁA M., JAGUŚ A., 2012 – New lake district in Europe: origin and hydrochemical characteristics. *Water Environ. J.*, **26**: 108–117.
- SALMINEN R. (red.), 2005 – Geochemical Atlas of Europe. Part 1. Geological Survey of Finland. Espoo.
- SCHULTZE M., BOEHRER B., 2008 – Development of two meromictic pit lakes – a case study from the Former Lignite Mine Merseburg-Ost, Germany. *Limnologia*, **40**: 148–155.
- SORDOŃ-KULIBABA B., 2010 – Program ochrony środowiska dla miasta Świętochłowice. [http://www.swietochlowice.pl/files/PDF/programy\\_ekologiczne/POS\\_aktualizacja.pdf](http://www.swietochlowice.pl/files/PDF/programy_ekologiczne/POS_aktualizacja.pdf)
- STRZEMIŃSKA K., KRIEGER W., 2014 – Objasnienia do Mapy geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000, ark. Zabrze. Państw. Inst. Geol., Warszawa, [dokument elektroniczny].
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2014 – Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31 XII 2013 r. PIG-PIB, Warszawa.
- SZUWARZYŃSKI M., 1996 – Ore bodies in the Silesian-Cracow ore district, Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **154**: 9–24.
- SWENNEN R., VAN DER SLUYS J., 2002 – Anthropogenic impact on sediment composition and geochemistry in vertical overbank profiles of river alluvium from Belgium and Luxembourg. *J. Geochem. Explor.*, **75**: 93–105.
- SZCZECH B., 2003 – Siedemnastowieczny transumpt Fundacji Łagiewnickiej dla kościoła mariackiego w Bytomiu (1495). Katowice. [http://www.sbc.org.pl/Content/129556/4\\_Posortowane\\_013.pdf](http://www.sbc.org.pl/Content/129556/4_Posortowane_013.pdf)
- WANTUCH A., CUDAK J., 2009 – Świętochłowice. *W: Wody podziemne miast Polski* (Z. Nowicki, red.). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WILANOWSKI S., KRIEGER W., ŻABA M., 2009 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Zabrze (942). Państw. Inst. Geol., Warszawa, [dokument elektroniczny].
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. T. 1. Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- WYCZÓLKOWSKI J., 1957 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Zabrze. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZAMET. <http://www.zamet.com.pl/pl/firma/historia.html>
- ZGŁOBICKI W., 2008 – Geochemiczny zapis działalności człowieka w osadach stokowych i rzecznych. Wyd. UMCS, Lublin.
- ZMIANA Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Ś w i ę t o c h ł o w i c e . [http://www.bip.swietochlowice.pl/res/serwisy/bip-swietochlowice/komunikaty/\\_003\\_003\\_004\\_394931.pdf](http://www.bip.swietochlowice.pl/res/serwisy/bip-swietochlowice/komunikaty/_003_003_004_394931.pdf)

ŻERO E., 1968 – objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark.  
Bytom. Państw. Inst. Geol., Warszawa.